

**VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky**

**Měření parametrů odrazivosti luminoforů
Measurement of the Luminophores' Reflectance Parameters**

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Zadání bakalářské práce

Student: **Štefan Čambora**
Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie
Studijní obor: 2612R059 Mobilní technologie
Téma: **Měření parametrů odrazivosti luminoforů**
Measurement of the Luminophores' Reflectance Parameters

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor možností řešení práce
2. Návrh a realizace měřicí sestavy pomocí prvků Newport a Thorlabs
3. Měření odrazivosti PANI vzorků v polarizovaném a nepolarizovaném světle

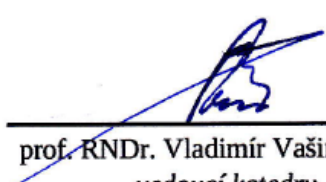
Seznam doporučené odborné literatury:

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Josef Svatuška**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013

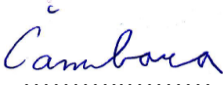

prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prehlasujem, že som túto bakalársku prácu vypracoval samostatne. Uviedol som všetky literárne
pramene a publikácie, z ktorých som čerpal.

Dňa: 7.5.2013


.....
podpis študenta

Rád by som na tomto mieste v prvom rade poďakoval Ing. Josefovi Svatuškovi za odbornú pomoc a konzultácie pri spracovaní tejto bakalárskej práce.

Abstrakt

Bakalárska práca sa v celom jej rozsahu zaoberá vlastnosťami luminoforu. Tieto vlastnosti sú prospešné pre ďalšie využívanie tohto materiálu a jeho aplikácie do praxe. Pre merania bol vybraný druh vodivého polyméru – polyanilin, vďaka jeho vlastnostiam a predpokladu následne využívať tento druh polyméru v rôznych odvetviach. Na vzorkách boli zrealizované merania odrazivosti, priepustnosti a odporu. Za účelom merania týchto veličín boli s pomocou prvkov Thorlabs skonštruované manuálne ovládané zostavy. Kvôli vysokej časovej náročnosti fyzickej obsluhy zostavy pre meranie odrazivosti bola táto zostava automatizovaná.

Kľúčové slová: Luminofor, odrazivosť, odpor, priepustnosť, polarizácia, vodivý polymér, polyanilin, Thorlabs, LabVIEW

Abstract

This bachelor thesis in its entirety deals with the properties of luminophor. These features are beneficial to further use along with application of the material into the practice. Polyaniline was selected as a measuring type of a conductive polymer because of its properties and assuming the further use of this type of a conductive polymer in various industries. The measurements of reflectivity, permeability and resistance were used on samples. Measurements on proposed and subsequently assembled manual configurations were using elements Thorlabs to determine the current status of the sample in the field, which was subsequently processed. Due to the high time-consuming physical handling of the reflectivity measuring systems an automated assembly simulation model was performed, which is not tested in practice.

Key words: Luminophores, reflectivity, resistance, permeability, polarization, conductive polymers, polyanilin, Thorlabs, LabVIEW

Zoznam použitých symbolov a skratiek

Skratka	Anglický význam	Slovenský význam
APD	Avalanche photodiodes	Lavínová fotodióda
API	Application programming interface	Rozhranie pre programovanie aplikácií
CRT	Cathode ray tube	Katódová trubica (zobrazovacie zariadenie)
DDL	Dynamic Link Library	Dynamicky spojená knižnica
FFT	Fast Fourier transform	Fourierova transformácia
GaAs	Arsenide gallium	Arsenid galia
HCl	Hydrochloric acid	Kyselina chlorovodíková
LASER	Light Amplification by Simulated Emission of Radiation	Zdroj koherentného svetla emitovaného simulovanou emisiou
LD	Laser diode	Laserová dióda
LED	Light Emitting Diodes	Dióda emitujúca svetlo
OLED	Organic light-emitting diode	Dióda z organických materiálov
PANI	Polyaniline	Polyanilin
PD	Photo detector	Fotodióda
PIN	Photodiode used a PIN junction	Fotodióda s intristickou vrstvou
PN	Photodiode used a PN junction	Fotodióda s PN prechodom
RFID	Radio Frequency Identification	Identifikácia na rádiových frekvenciách
RGB	Red, Green, Blue	Červená, Zelená, Modrá

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Luminofoxy.....	2
	2.1 Luminiscencia	2
	2.1.1 Fotoluminiscencia.....	2
	2.1.2 Katodoluminiscencia	3
	2.1.3 Elektroluminiscencia	3
	2.2 Využitelnost luminofox.....	3
3	Vodivé polyméry.....	5
	3.1.1 Polyanilin (PANI).....	6
4	Zdroje optického žiarenia.....	7
	4.1 Elektroluminiscenčné diódy – LED	7
	4.2 Lasery – LD.....	7
5	Optické vlákna.....	8
	5.1 Princíp optických vlákien	8
	5.2 Rozdelenie optických vlákien.....	8
6	Optické detektory	9
	6.1 Fotodiódy PN	9
	6.2 Fotodiódy PIN	9
	6.3 Lavínové fotodiódy (APD).....	9
7	Matlab.....	10
	7.1 O programe.....	10
	7.2 Výpočtové jadro	10
	7.3 Toolboxy	10
	7.4 Prepojenie s hardvérom	11
8	Labview	12
	8.1 O programe.....	12

8.2	Vývojové prostredie	12
8.3	Prepojenie s hardvérom	14
8.4	LabVIEW vs Matlab	14
9	Praktické merania	16
9.1	Meranie odporu PANI vzoriek	17
9.2	Meranie priepustnosti	20
9.3	Meranie odrazivosti - manuálne	23
9.4	Meranie odrazivosti – s napätím na vzorke	26
9.5	Meranie odrazivosti – automatizované	28
10	Záver	31
11	Použitá literatúra	32
	Obsah priloženého CD	34
	Príloha.A: Manuál simulácie odrazivosti	I

Zoznam tabuliek

<i>Tabuľka 8.1: Porovnanie časovej náročnosti pre výpočet matíc [21]</i>	<i>15</i>
<i>Tabuľka 8.2: Porovnanie časovej náročnosti pre výpočet Fourierovej transformácie [21].....</i>	<i>15</i>
<i>Tabuľka 8.3: Porovnanie časovej náročnosti prenosovej funkcie [21]</i>	<i>15</i>
<i>Tabuľka 8.4: Porovnanie časovej náročnosti simulácie DC motora [21]</i>	<i>15</i>

Zoznam obrázkov

<i>Obrázok 2.1: Skladba CRT monitora [11]</i>	4
<i>Obrázok 2.2: Elektroluminiscenčný panel [12]</i>	4
<i>Obrázok 3.1: Porovnanie elektrickej vodivosti niektorých anorganických a organických látok [8]</i>	6
<i>Obrázok 8.1: Ukážka čelného panela v LabVIEW</i>	13
<i>Obrázok 8.2: Ukážka blokového diagramu v LabVIEW</i>	13
<i>Obrázok 9.1: Vzorky používané v meraniach</i>	16
<i>Obrázok 9.2: Miesta uchytenia vzoriek pre meranie odporu</i>	17
<i>Obrázok 9.3: Schéma meracej zostavy na meranie odporu</i>	18
<i>Obrázok 9.4: Fotografia pracoviska na meranie odporu</i>	18
<i>Obrázok 9.5: Graf priečne nameraného odporu na danej vzorke</i>	19
<i>Obrázok 9.6: Graf vzájomného porovnania priečných odporov u všetkých vzoriek</i>	19
<i>Obrázok 9.7: Miesta merania priepustnosti</i>	20
<i>Obrázok 9.8: Schéma meracieho pracoviska pre meranie priepustnosti [22]</i>	21
<i>Obrázok 9.9: Fotografia meracieho pracoviska pre meranie priepustnosti [22]</i>	21
<i>Obrázok 9.10: 3D transmitancia vybranej vzorky</i>	22
<i>Obrázok 9.11: Šachovnicové porovnanie transmitancie vzorky v závislosti na čase</i>	22
<i>Obrázok 9.12: Schéma meracej zostavy na meranie odrazivosti [22]</i>	24
<i>Obrázok 9.13: Fotografia meracieho pracoviska na meranie odrazivosti</i>	24
<i>Obrázok 9.14: Graf priebehu polarizácie a výkonu daného vzorku v horizontálnom natočení lasera</i>	25
<i>Obrázok 9.15: Graf priebehu polarizácie a výkonu danej vzorky vo vertikálnom natočení lasera</i>	25
<i>Obrázok 9.16: Schéma meracej zostavy na meranie odrazivosti s napätím na vzorke</i>	26
<i>Obrázok 9.17: Fotografia meracieho pracoviska na meranie odrazivosti s napätím na vzorke</i>	27
<i>Obrázok 9.18: Vzájomne porovnanie danej vzorky horizontálnym natočením lasera s rozdielnym napätím na vzorke</i>	27
<i>Obrázok 9.19: Ukážka úseku blokového diagramu programu pre meranie odrazivosti</i>	29
<i>Obrázok 9.20: Ukážka výstupu hodnôt simulácie odrazivosti</i>	29

1 Úvod

Luminofory sa v najrozličnejších formách nachádzajú všade okolo nás a predsa ich prítomnosť väčšinou ani nevnímame. Keby sme hlbšie poznali skladbu televízorov, žiaroviek, LED a mnoho ďalších, zistili by sme, že sú ich neoddeliteľnou súčasťou. Vodivé polyméry ponúkajú nepredstaviteľné množstvo možností využitia, ale v minulosti miesta pôsobenia neboli v takej rozvinutej fáze ako dnes. Predpokladá sa veľké využitie v oblasti senzorovej optiky, fotovoltiky, elektrotechniky a mnoho ďalších. Ako najlepšia voľba vodivého polyméru sa dnes javí polyanilin. Má vysokú stabilitu, možnosti zmeny vodivosti, nízke obstarávacie náklady a schopnosť reagovať na vonkajšie podnety. Skúmaním týchto látok môžeme lepšie pochopiť a skúmať ďalšie látky s podobnými vlastnosťami.

Cieľom tejto práce je bližšie špecifikovať vlastnosti daných materiálov, ich využiteľnosť a s nimi spojený jav luminiscencia. Ďalšie využiteľné poznatky sú z oboru optoelektroniky a fotoniky. Samotné svetlo sa spája s oboma týmito obormi, či už ide o vysielanie, prenos alebo detekciu informácií a s tým spojená premena svetla na elektrickú energiu a premena elektrickej energie na svetelný tok. Po oboznámení sa s problematikou boli navrhnuté a následne skonštruované zostavy na meranie priepustnosti, odrazivosti a odporu. Dve z meracích zostáv boli z časti prebrané od vedúceho práce s čiastočným upravením. Prvá prevzatá zostava na meranie priepustnosti bola vylepšená praktickejším uchytením vzoriek a novším lineárnym posuvom. Druhá zo zostáv bola upravená úchytom lasera a výmenou analógového powermetra za digitálny.

Prvé merania odporu a priepustnosti boli vykonávané paralelne a zisťovali zmeny odporu a priepustnosti na PANI vzorkách v závislosti na čase. Tieto merania sú podkladom pre ďalší výskum tejto látky. Meranie priepustnosti je ďalej prospešné pre výrobu homogénnej vrstvy, od ktorej sa odvíjajú aj ďalšie výskumy. Meranie odrazivosti prebehlo s pripojeným napätím na vzorke, ako aj bez napätia. Po pripojení napätia sa štruktúra PANI mení, čím sa menia aj jeho vlastnosti. Preto je potrebné túto zmenu testovať pre prípad následného využívania v praxi.

Kontext práce je postavený na podrobnejšom skúmaní danej problematiky tak, aby čitateľ pochopil a oboznámil sa so základnými princípmi a vlastnosťami používanými v meraniach. Kapitola 2 sa zaoberá materiálmi, ich rozdelením a merateľnými vlastnosťami. Následne tri kapitoly 4, 5, 6 sa zaoberajú princípom a rozdelením optických zdrojov, vlákien a detektorov. V kapitolách 7 a 8 sú bližšie popísané vývojové nástroje používané v nasledujúcich meraniach. Tieto merania sú popísané v kapitole 9, obsahujúcej zoznam jednotlivých meraní. Tieto merania obsahujú schému a fotografiu pracoviska a ukážku výsledkov merania.

V závere je predstretý priebeh meraní a popis výsledkov dosiahnutých na jednotlivých meracích zostavách.

2 Luminofory

Luminofory poznáme už niekoľko desaťročí a priniesli veľký rozmach v rôznych odvetviach. Začalo sa experimentovanie na aké účely by sa mohli používať. V bežnom živote ich môžeme nájsť najmä v starších CRT monitoroch a žiarivkách, v ktorých sa využíva ich schopnosť – luminiscencia. Vodivé polyméry ponúkajú nepredstaviteľné množstvo možností využitia, ale v minulosti miesta pôsobenia neboli v takej rozvinutej fáze ako dnes. Predpokladá sa veľké využitie v oblasti senzorovej optiky, fotovoltaiiky, elektrotechniky a mnoho ďalších. Veľké nádeje sú vkladane do vodivého polyméru – polyanilinu s nízkymi obstarávacími nákladmi a relatívne vysokou stabilitou.

Luminofory sú látky, u ktorých sa prejavuje luminiscencia. Môžu nadobúdať niekoľko farieb rôzneho chemického zloženia. Príklad zeleného luminoforu je $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$ a červený luminofor $\text{YBO}_3:\text{Eu}^{3+}$, ktorý má však pomerne zlú čistotu a nízku intenzitu luminiscencie. Najpoužívanejšie luminofory obsahujú základné látky a malé množstvo látky nazývanej aktivátor. Aktivátor má za úlohu predĺžiť dobu luminiscencie, tiež môže určovať svietivosť alebo farbu svetla. Základné látky sú prevažne oxidy, sulfidy (zinočnatý a kademnatý) a sírany. Medzi aktivátory zaradujeme drahé kovy ako zlato, striebro, meď, prípadne zlúčeniny. [2] [3]

2.1 Luminiscencia

Optický jav luminiscencia je spôsobený excitáciou elektrónov materiálu žiarenia s vlnovými dĺžkami siahajúcimi od ultrafialovej oblasti až do infračervenej oblasti. Všeobecne je tento jav definovaný aj ako prebytok žiarenia telesa nad jeho tepelné žiarenie. Po odstránení budiacej energie tento jav trvá určitú dobu a tento čas t nazývame dosvit. S časom t sa viaže delenie luminiscencie na fluorescenciu, s časom $t < 10^{-8}\text{s}$ a fosforescenciu s časom $t > 10^{-8}\text{s}$. Budiaca energia môže mať formu eklektického prúdu, chemických reakcií, alebo inú, ktorá naruša rovnovážny stav a častice z nižších hladín prechádzajú do vyšších hladín. Týmto sa na niektorých vybudovaných energetických hladinách hromadia prebytočné častice. Rozdelenie častíc na druhých hladinách ostáva takmer rovnovážne. Z tohto dôvodu sa spolu s tepelným žiarením objavuje ďalšie žiarenie – luminiscencia. [4] [6] [7]

Podľa pôvodu excitačnej energie rozoznávame niekoľko druhov luminiscencie:

- chemoluminiscencia - luminiscencia vyvolaná chemickou reakciou
- triboluminiscencia - luminiscencia vyvolaná mechanickou energiou
- sonoluminiscencia - luminiscencia vyvolaná plastickou deformáciou pevných látok
- rádoluminiscencia - luminiscencia vyvolaná vysokoenergetickým žiarením
- termoluminiscencia - luminiscencia vyvolaná zmenou teploty po predchádzajúcom absorbovaní energie
- bioluminiscencia - luminiscencia vyvolaná biochemickou reakciou v živých organizmoch

V optoelektronike sa najčastejšie stretávame s fotoluminiscenciou, katodoluminiscenciou a elektroluminiscenciou.

2.1.1 Fotoluminiscencia

Zdroj budenia je optický signál z ultrafialovej alebo viditeľnej oblasti spektra. Využíva sa ako menič infračerveného žiarenia na viditeľné svetlo tzv. up-converters. Fotoluminiscencia využíva mnohokvantový excitačný proces kryštálov iónov vzácnych zemín budených kvantom infračerveného žiarenia, napríklad diódy GaAs. Taktiež môžeme využiť optického budenia, ale to sa v praxi nepoužíva kvôli pomerne veľkým hustotám prahového výkonu potrebným k vybudeniu. [5]

2.1.2 Katodoluminiscencia

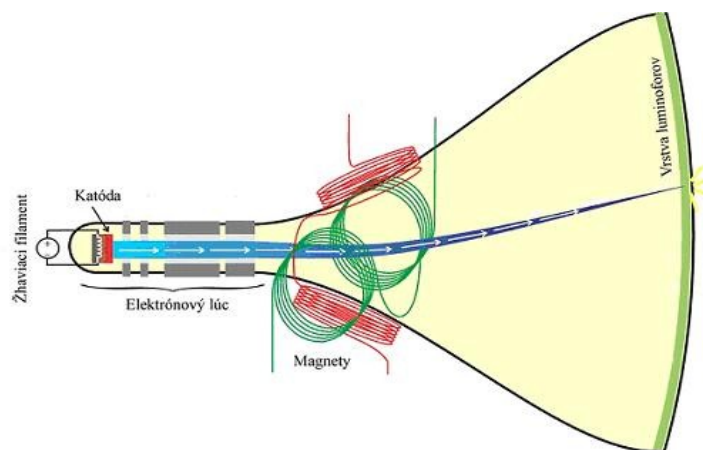
Zdrojom budenia sú rýchle elektróny, ktoré pri následnej kolízii s časticami budeného materiálu spôsobia ich excitáciu a následné nekombinačné žiarenie. Jas závisí na hustote a elektrónoch a na urýchľovacom napätí. Tento spôsob sa využíva hlavne v zobrazovacích zariadeniach, ako sú televízory alebo osciloskopy. Rovnako sa využíva v polovodičových laseroch s elektrónovým čerpaním. [5]

2.1.3 Elektroluminiscencia

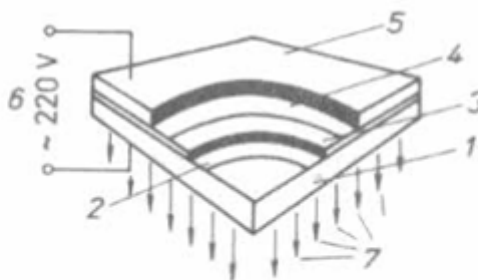
Zdroj budenia, ako už naznačuje názov, je elektrické pole, ktoré musí byť priložené na luminofole, čo je hlavným rozdielom medzi elektroluminiscenciou a katodoluminiscenciou. Priebeh javu je závislý na rozložení elektrického poľa vo vnútri luminoforu a zároveň na tom, či sú voľné nosiče generované v objeme látky alebo sa do nej dostávajú z elektród. Pri pevných látkach rozlišujeme dva typy. Prvý typ má elektrické pole rovnomerne rozložené po celej ploche luminoforu a voľné nosiče sú generované z elektród. Druhý typ má elektrické pole sústredené v malej oblasti. [5]

2.2 Využitelnosť luminoforu

Už niekoľko rokov sa luminofores na báze fosforu využíva v CRT monitoroch. Každý CRT monitor sa skladá z vákuovej banky, elektrónového dela a tienidla. Celá skladba v grafickej podobe je vyobrazená na obrázku Obrázok 2.1. Na tienidle je nanosený luminofores vo zvislých pruhoch. Elektrónové delo vyžiari elektrónový lúč, ktorý pred dopadom na tienidlo prejde maskou s metalizovaným povrchom, aby sa zachytili ióny, ktoré by tienidlo poškodili. Po dopade elektrónov na tienidlo luminofores produkuje fotóny – svetlo v danej farbe. Určité malé množstvo elektrónového lúča sa odrazí od tienidla do obrazovky, pretože by tento odraz rušil, musí byť odvádzaný preč. Vo farebných obrazovkách sa nachádzajú luminofores troch farieb RGB. Tieto luminofores dokopy tvoria jeden farebný bod, nazývaný pixel. Dĺžka trvania luminiscencie je pri monitoroch okolo 60 mikrosekúnd, čo zaručuje dostatočne rýchle prekresľovanie. Ďalšie praktické využitie našiel luminofores v elektroluminiscenčných paneloch Obrázok 2.2 a v úspornejších žiarivkách v porovnaní so žiarovkami na báze vlákna, cez ktoré prechádza elektrický prúd a rozžeravuje vlákno. Žiarivka je sklenená trúbka naplnená vzácnymi plynmi a ortuťovými parami. Vnútorňú stranu má potiahnutú luminoforom a na základe neviditeľného ultrafialového žiarenia prebieha v luminofores luminiscencia. Bežná žiarovka má schopnosť premeniť len necelé 3% elektrickej energie na svetlo. Žiarivka má schopnosť premeniť už 10%-15% percent a laser až okolo 20%. Napriek tomu, príroda má neuveriteľnú silu, čo dokazuje aj tým, že svätojánska muška, v ktorej prebieha bioluminiscencia vyvolaná biochemickou reakciou v živých organizmoch dokáže premeniť túto energiu na svetlo takmer so 100% účinnosťou. [11] [12]



Obrázok 2.1: Skladba CRT monitora [11]



1 - priehľadná podkladová platňa (hrubka 4 až 5 mm), 2 - predná priehľadná vodivá elektróda (SnO_2), 3 - luminiscenčný prášok - elektrolumínofor (ZnS), 4 - reflexná vrstva, 5 - zadná kovová elektróda, 6 - zdroj elektrickej energie, 7 - emitované svetlo

Obrázok 2.2: Elektroluminiscenčný panel [12]

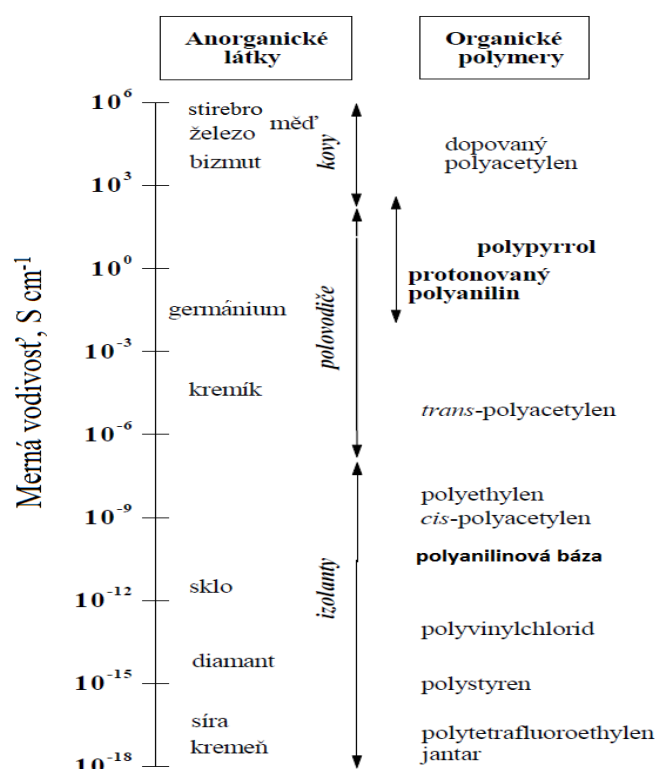
3 Vodivé polyméry

Polyméry sú látky zložené z reťazcov molekúl. S nevodivými polymérmi ako sú polyetylén alebo polyvinylchlorid sa môžeme stretnúť v každodennej situácii. Využívajú sa napríklad na výrobu elektrických izolátorov, igelitových vreciek, plastových fliaš. Sú veľmi obľúbené hlavne kvôli ich výborným izolačným a mechanickým vlastnostiam, dobrej pevnosti a nízkej hmotnosti. Ďalším veľkým plusom pre polyméry sú ich nízke náklady na výrobu.

Objavením vodivých polymérov sa otvorili nové možnosti využitia, pre ich schopnosť viesť elektrický prúd a reagovať na vonkajšie podnety. Ich objavenie prinieslo Alanovi J. Heegerovi (fyzik), Alanovi G. MacDiarmidovi (chemik) a Hidekimu Shirakawovi (chemik) Nobelovu cenu za chémiu za rok 2010.

V samotnej štruktúre sa pravidelne striedajú jednoduché a dvojité väzby, čo je príkladom konjugovaných dvojitéch väzieb. Pre vznik vodivosti je, okrem týchto väzieb, potrebný aj nositeľ náboja zabezpečujúci prenos cez celý reťazec. Ich vznik je spojený s tzv. dopovaním uvádzaným v analógii s klasickými polovodičmi. Hlavným rozdielom medzi dopovaním anorganických a organických polovodičov je v koncentrácii, pričom polymér ju potrebuje výrazne vyššiu. Vodivosť základných vodivých polymérov ako poly-*trans*-acetylen, polapyrrol, polythiofen, polyanilin je v rozmedzí $0,01 - 30 \text{ S cm}^{-1}$. Ako vidíme na obrázku Obrázok 3.1 táto vodivosť je porovnateľná s polovodivými materiálmi. Najvyššiu vodivosť z polymérov dosahuje polyacetylen, ktorý má obmedzenú stabilitu, a preto sa zrak upiera najmä na polyanilin a polypyrrol pre ich väčšiu stabilitu.

Jedným z mnohých uplatnení našiel vodivý polymér v displejoch tzv. OLED fungujúcich na princípe organických svietivých diód. V týchto diódach sa využíva polymér s chemickou úpravou. Ich vysoká vodivosť prináša očakávania vo vývoji lacnej „plastovej“ elektroniky, kde sa predpokladá výroba tlačnou formou. Táto forma by mohla byť používaná aj pre tlač čipov, napríklad RFID, v ktorých je zakódovaná informácia a prenos je zaistený cez rádiové vlny bez fyzického kontaktu. Predpokladá sa, že v budúcnosti budú čiarové kódy v obchodoch nahradené čipmi a pri prechode cez čítacie zariadenie spočítajú tovar v košíku a následne hodnotu odčítajú z kreditnej karty s RFID čipom. Nemôžeme zabudnúť ani na polovodičové diódy a molekulárny optoelektronický spínač. V budúcnosti sa počíta s výrobou oblečenia schopného produkovať energiu na základe vodivých polymérov, napríklad pre mobilné zariadenia. V súčasnosti na podobnom princípe pracujú testované fotovoltické články, ktoré by mohli v budúcnosti nahradiť drahé kremíkové články. V súčasnosti tieto články vyrobia len malé percento elektrickej energie 3% až 5% a sú v štádiu vývoja. Vedci sa pohrávali aj s myšlienkou, že by z vodivých polymérov mohol vzniknúť tzv. supravodič, avšak z tejto myšlienky upustili a zamerali sa na jeho schopnosť meniť vodivosť s ohľadom na vonkajšie prostredie. Z tohto dôvodu si vyslúžil aj názov „inteligentný“ polymér. Ako sme si mohli všimnúť vodivé polyméry sú veľkým prínosom pre elektrotechniku, fotovoltiku, optoelektroniku a mnoho ďalších. [8] [9] [10]



Obrázok 3.1: Porovnanie elektrickej vodivosti niektorých anorganických a organických látok [8]

3.1.1 Polyanilin (PANI)

Polyanilin sa vyrába oxidáciou anilínu, najčastejšie peroxydvojsíranom amónnym, čo je bežná a lacná chemikália. Táto reakcia prebieha v kyslom prostredí pri bežnej teplote asi 10 minút. Zrazenina sa premyje zriedenou kyselinou chlorovodíkovou a následne acetónom alebo etanolom. Konečná forma polyanilínu po vysušení na vzduchu má tmavozelenú farbu a vodivosť okolo 4 S cm⁻¹. V prípade aplikácií na látku sa pri oxidácii anilínu do reakčnej zmesi táto látka ponorí a na jej povrchu vznikne povlak.

Vlastnosti polyanilínu je možné meniť, a to pridávaním elektrónov chemickou alebo elektrochemickou oxidáciou. Takto sa dá meniť napríklad chemická štruktúra, stabilita, zafarbenie a elektrické vlastnosti. Najcharakteristickejší je prechod medzi vodivou zelenou a nevodivou modrou formou, ku ktorej dochádza pri pH 5-6. Pri výrobe môžeme polyanilin vystaviť pôsobeniu alkálií, čo zmení jeho vodivosť. Použitím napríklad 1 M hydroxidu amónneho môžeme zmeniť vodivosť z jednotiek S cm⁻¹ až na 10⁻⁹ S cm⁻¹. Takýto spôsob je využívaný napríklad pri aciditných senzoroch, pretože tento proces je vratný. Opakom toho sú optické senzory na báze polyanilínu indikujúce zmenu kyslosti. V priebehu prípravy máme možnosť zmeniť morfológiu polyanilínu, ktorá môže byť vo forme granuly alebo nanotrubičiek čo má konečný dopad na ich celkové vlastnosti. [8]

4 Zdroje optického žiarenia

Pod týmto pojmom si môžeme predstaviť prvky meniace elektrický signál na optický. Poznáme niekoľko zdrojov, avšak v oblasti vlnových spojových trás sa kvôli výhodným vlastnostiam využívajú polovodičové zdroje. Konkrétne ide o elektroluminiscenčné diódy (LED), polovodičové injekčné lasery a nedymové lasery (LD).

4.1 Elektroluminiscenčné diódy – LED

Pre tieto diódy sa používa skratka LED (Light Emitting Diodes). Ako zdroj budenia sa využíva striedavé napätie, z ktorého je možné získať tak modulovaný svetelný zdroj alebo zdroj zábleskov svetla. Vyžarovanie vyvolané pripojeným napätím môže byť infračervené alebo červené svetlo, vznikajúce v PN prechode pri vysokej prúdovej hustote. PN prechod je oblasť medzi dvoma polovodičmi typu P a N spojených na mikroskopickej úrovni. Takto vzniknutá hradlová vrstva má elektrické pole smerujúce z oblasti N do oblasti P. Po pripojení napätia na PN prechod, kde kladný pól je zapojený na typ P a záporný pól napojený na typ N sa vytvorí elektrické pole. Pole je orientované opačným smerom ako pole hradlovej vrstvy. Nastane potlačenie hradlovej vrstvy a obvod sa stáva priepustný. Dochádza k dopovaniu minoritných nosičov náboja a po prekonaní určitej vzdialenosti zlúčia s nosičmi náboja opačného znamienka. Dôsledkom toho dochádza v aktívnej oblasti k uvoľneniu energie vo forme fotónov. Opačné zapojenie spôsobí zväčšenie hradlovej vrstvy a obvod sa stáva nepriepustným. Použitím iných materiálov môžeme dosiahnuť žlté, oranžové, zelené alebo modré svetlo. Sú vyrobené na báze arzenidu gália (GaAs). Takéto diódy majú takmer lineárny priebeh charakteristiky. Bežne sa používajú dva typy LED, a to plošne vyžarujúce s mnohonásobne vyšším vyžarovacím výkonom. A hranovo vyžarujúce LED s nižším vyžarovacím výkonom. [13] [14] [23]

4.2 Lasery – LD

Skratka vznikla z prvých písmen anglického názvu Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, v preklade zosilňovač svetla pomocou vybudeneho vyžarovania lúčov. Konštrukcia LD sa usporiadaním nijako neodlišuje od LED, no v LD vzniká stimulovaná emisia optického žiarenia v polovodičoch pri kvantových prechodoch elektrónov z vodivostného do vlečného energetického pásu a excitácie žiarivej rekombinácie nosičov náboja elektrónov a dier. Laser obsahuje dve diódy označované ako LD a PD. K vytvoreniu laserového žiarenia sa využíva dióda LD. Dióda PD len detekuje žiarenie a monitoruje výkon LD. Svetlo dopadajúce na diódu PD vytvára pretekajúci prúd, z ktorého je možné určiť vyžarovací výkon. Telo lasera sa skladá z aktívneho prostredia a dvoch zrkadiel (odrazové, polopriepustné). Externá energia vybudí v aktívnom prostredí elektróny prechádzajúce na vyššiu energetickú hladinu. Na tejto úrovni ostanú len určitú dobu a pri návrate na nižšiu energetickú hladinu vzniká prebytočná energia vo forme fotónov. Aktívna časť je umiestnená do tzv. rezonátora tvoreného dvoma zrkadlami zabezpečujúcimi odraz fotónov a ich opakovaný prechod prostredím. S týmto procesom je spojené uvoľňovanie fotónov, čo má za následok zosilnenie toku fotónov. Svetelný lúč je nakoniec vyžiarený z tela lasera cez polopriepustné zrkadlo. [14] [24]

5 Optické vlákna

Optické vlákno je vlnovod tvorený skleneným alebo plastovým vláknom. Prostredníctvom svetla je možné cez ne prenášať signály v smere svojej pozdĺžnej osi. Uplatnili sa hlavne ako prenosové médium so schopnosťou viesť signál s relatívne nízkymi stratami a relatívne vysokou prenosovou rýchlosťou a postupne nahrádzajú metalické vedenia. Existuje niekoľko typov optických vlákien deliacich sa podľa rozmerov, použitého materiálu, výrobného postupu, alebo podľa použitia. [15]

Jedným z novodobého využívania optických vlákien je ich použitie v senzorovej optike, kde sa samotné vlákno chová ako senzor. Ich zloženie je založené na optickom vlákne citlivom na meranú veličinu, ktorú chceme merať, prípadne sa vlákno zámerne upraví. Výhodou týchto optických senzorov je malá hmotnosť, malé rozmery a jeho biokompatibilita. Ďalším plusom je odolnosť proti elektrostatickému a elektromagnetickému rušeniu a elektrická pasivita. Jednotným zdrojom je rôzne modelované svetlo. Oblasť použitia týchto optických senzorov sa začína pri snímaní fyzikálnych signálov a končí niekde až pri signáloch získaných pri chemickej reakcii. [27]

5.1 Princíp optických vlákien

Optické vlákna sa skladajú z dvoch hlavných častí a to jadro a plášť. Tieto časti majú nepatrne rozdielny materiál s odlišnou hustotou prostredia. Pri dopade svetelného lúča pod určitým uhlom na rozhranie týchto dvoch častí, kde jadro má opticky redšie prostredie (nižší index lomu) vzniká úplný odraz. Na základe toho dokážeme touto štruktúrou viesť žiarenie. Optické vlákno má určité obmedzenie. Jedným z obmedzení je povolený ohyb. Keďže v ohnutom vlákne dopadá lúč na rozhranie v inom uhle ako v priamom vlákne môže sa stať, že odraz nebude úplný a časť lúča unikne. Každé takéto vlákno má udávaný maximálny polomer ohybu, ktorý treba dodržiavať. V neposlednom rade treba dbať na uhol umiestnenia zdroja svetla. Svetlo musí byť naviazané do vlákna tak, aby ďalej prechádzalo vláknom (numerická apertúra). Tento uhol, ako aj povolený ohyb, závisí na indexe lomu jadra a obalu. [15]

5.2 Rozdelenie optických vlákien

V telekomunikáciách sa prevažne používajú kremenné optické vlákna rozdelené na:

- jednovidové
- mnohovidové so skokovým indexom lomu
- mnohovidové s gradientným indexom lomu

Mnohovidovým vláknom so skokovým indexom lomu sa šíri až niekoľko tisíc vidov, čo má za následok veľkú intervidovú disperziu a malú prenosovú kapacitu. Čiastočne to rieši vlákno s gradientným indexom lomu s postupným nárastom indexu lomu smerom do stredu vlákna. Až jednovidové vlákno, v ktorom sa šíri iba jeden vid dokáže úplne zabrániť intervidovej disperzii. Aj pri tomto vlákne sa nachádzajú obmedzujúce faktory. Tieto faktory sa nachádzajú aj pri mnohovidových vláknach a v porovnaní s intermodálnou disperziou sú zanedbateľné. [15]

6 Optické detektory

Detektory pre optickú oblasť tzv. fotodetektory prevádzajú optický signál na elektrický s maximálnou účinnosťou a minimálnym skreslením, s ktorým môžeme ďalej pracovať. K tomuto prevodu dochádza po dopade fotónov na aktívnu plochu fotodetektora, ktoré predajú energiu prítomným atómom. K demodulácii optického signálu sa najčastejšie používajú polovodičové diódy a to fotodiódy typu PN alebo PIN a lavínové fotodiódy. [1]

6.1 Fotodiódy PN

Ide o obyčajnú polovodičovú diódu s upravenou konštrukciou pre prienik svetla do oblasti PN. Dióda je na preniknuté svetlo veľmi citlivá hlavne v opačnom smere, na čo reaguje zvýšením prúdu. Tento nárast prúdu je skoro lineárny pri rovnomernom zvyšovaní osvetlenia. Ak táto fotodióda nie je osvetlená, má rovnakú voltampérovú charakteristiku ako bežná polovodičová dióda. Na zmenu osvetlenia reaguje táto fotodióda veľmi rýchlo 10^{-6} až 10^{-9} s. Z tohto hľadiska sa využíva pre meranie osvetlenia, ako vstupné zariadenie v diaľkových ovládačoch prípadne ako prijímače v optických spojoch.

6.2 Fotodiódy PIN

Fotodiódy typu PIN sa skladajú z dvoch vrstiev, a to polovodičových oblastí PN a z ochudobnenej vrstvy so silným potenciálovým spádom. V oblasti stretu vrstvy P a ochudobnenej vrstvy vzniká prechod. Po dopade svetla sa vytvárajú páry elektrón – diera vo všetkých oblastiach diódy. Na to, aby bola dosiahnutá dostatočná účinnosť generovaných párov elektrón – diera je treba, aby oblasť ochudobnenej vrstvy bola čo najširšia a obidve susedné oblasti boli úzke. [1]

6.3 Lavínové fotodiódy (APD)

Lavínové fotodiódy dosahujú vyššiu citlivosť ako fotodiódy typu PIN, ale na konštrukciu sú zložitejšie, a preto sú aj drahšie. Sú skonštruované tak, aby pri prechode PN dosahovala intenzita elektrického poľa veľké hodnoty. Nosiče náboja nachádzajúce sa v tejto oblasti môžu byť zrýchlené až do rýchlostí, ktoré dokážu generovať nové páry elektrón – diera vplyvom nárazovej ionizácie. Nové páry majú za následok vznik ďalších párov. Takéto množenie nosičov náboja sa nazýva lavínové. Prídavný šum spôsobuje proces násobenia keďže ide o náhodný jav. [1]

7 Matlab

Matlab je vysokoúrovňový a výkonný jazyk s interaktívnym prostredím. Používa sa na vedecké a inžinierske výpočty, modelovanie, rôzne simulácie, návrh algoritmov, testovanie a meranie, spracovanie signálov, návrh riadiacich a komunikačných systémov. Pre užívateľov sú popri grafických a výpočtových nástrojoch dostupné špecializované knižnice funkcií a výkonný programovací jazyk štvrtej generácie s mimoriadne rýchlym jadrom s optimálnymi algoritmami. [17]

7.1 O programe

Program Matlab je pohodlný pre interaktívnu prácu, ako aj pre vytváranie širokého spektra aplikácií, zásluhou toho je celosvetovo uznávaným štandardom a využíva sa v mnohých odvetviach. Je využívaný hlavne pre výpočet náročných úloh bez hlbšieho poznania matematickej podstaty, kde základným dátovým prvkom je bezrozmerná matica. K tomuto prispieva aj jeho jednoduchosť a rýchlosť programovania oproti iným programovacím jazykom, ako napríklad Fortran, Basic alebo C. V podstate užívateľ zadáva príkazy, buď do príkazového riadku, alebo cez grafické rozhranie a tie sú následne vyhodnocované na jeho podnet. Ďalšou výhodou je jeho multiplatformnosť, keďže bol implementovaný na rôznych platformách ako Windows, Linux, Mac alebo Solaris, aj keď spočiatku bol vytvorený len pre operačné systémy UNIX. Vznik prvej verzie sa datuje niekedy okolo roku 1985 a verzia pre Windows sa dostala na trh až v roku 1994. Táto verzia bola graficky prepracovanejšia, čo zapríčinilo, že výpočty boli prevádzané pomalšie. [16] [17]

7.2 Výpočtové jadro

Základom numerického jadra sú algoritmy zvládajúce všetky bežné operácie s maticami reálnych a komplexných čísiel ako násobenie, inverziu, determinant a veľa ďalších vrátane rozsiahlych riedkych matic a operácie s vektormi. Okrem týchto jednoduchších dátových typov zvláda Matlab aj zložitejšie typy, ako napríklad viacrozmerné pole alebo pole buniek. Tieto bunky sú štruktúrou veľmi podobné maticiam, no výhodou buniek je, že každý prvok môže mať iný dátový typ. Ďalej môžeme tvoriť dátové štruktúry rozlišované na základe mena a nie súradníc, čo sa približuje k dátovým štruktúram využívaných v programovacích jazykoch. Tieto štruktúry sa dajú ľubovoľne skladať, a tak máme možnosť tvorby zložitých dátových štruktúr. Použité vektory môžu reprezentovať časové rady alebo signály spracované funkciami pre analýzu, ako napríklad výpočet strednej hodnoty, hľadanie extrémov, výpočet smerodajnej odchýlky, korelačných koeficientov, rýchlej Fourierovej transformácie. [17]

7.3 Toolboxy

Neoddeliteľnou vlastnosťou matlabu je jeho otvorená architektúra. Jedná sa o úplný programovací jazyk, s možnosťou vytvárať funkcie podľa požiadaviek užívateľa. Nové funkcie sa nijako neodlišujú spôsobom volania a sú prehľadne uložené v súboroch. Väčšina funkcií v Matlabe je vytvorená len na základné operácie. Táto architektúra sa dá takmer neobmedzene rozšíriť buď úpravou základných operácií, alebo vytvorením úplne nových kompatibilných na rôznych platformách. Tohto sa chytilo množstvo firiem vyvíjajúce buď vlastné produkty, alebo vyvíjajú špeciálne knižnice funkcií nazývané toolboxy. Tieto toolboxy rozširujú používanie programu vo vedných a technických odboroch. Ponúkajú vypracované funkcie pre konkrétne odvetvie s možnosťou rozšírenia alebo modifikácie. Každý toolbox obsahuje pomerne prepracovanú dokumentáciu. Oblasť využitia je niekoľko; napríklad aplikovaná matematika, automatické riadenie a regulácia, spracovanie signálu a komunikácie,

spracovanie obrazu, meranie a testovanie, výpočtová biológia, finančné modelovanie a analýza, modelovanie fyzikálnych sústav. [17]

7.4 Prepojenie s hardvérom

Matlab má veľmi dobré prostredie pre pripojenie externého hardvéru s podporou M-Series, E-Series, X-Series, CopactDAQ, USB, myDAQ, COM a veľa ďalších. Pre zber dát sa využíva Data Acquisition Toolbox poskytujúci podporu pre viacerých výrobcov hardvéru. Tento typ toolboxu využíva podporu NI-DAQmx. Vďaka tomu máme vývojové prostredie dovoľujúce tvorbu programu pre hardvér od rôznych výrobcov. Tento toolbox podporuje aj Simulink s blokmi schopnými pracovať s dátami z hardvérov priamo v modeloch v Simulinku. Taktiež si môžeme porovnať simulácie so živými dátami cez Model Based Design. V paneli nástrojov nájdeme ovládacie prvky ActiveX ovládané metódami, vlastnosťami a udalosťami. V prípade použitia Thorlabs APT je prvok ActiveX ako server a Matlab sa využíva ako klient. Grafické rozhranie je predvytvorené v APT ovládacími prvkami ActiveX. [28]

8 Labview

Je grafické vývojové prostredie (z angl. Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench) v preklade „laboratórne pracovisko virtuálnych prístrojov“ pre efektívne používanie meracieho a riadiaceho hardvéru, analyzovanie a zber dát, ako aj rôzne simulácie. Pôvodne bol vyvinutý len pre programovanie meracích prístrojov, no postupom času sa tento nástroj rozrástol a v súčasnosti je jedným z najrozšírenejších vo svojej oblasti.

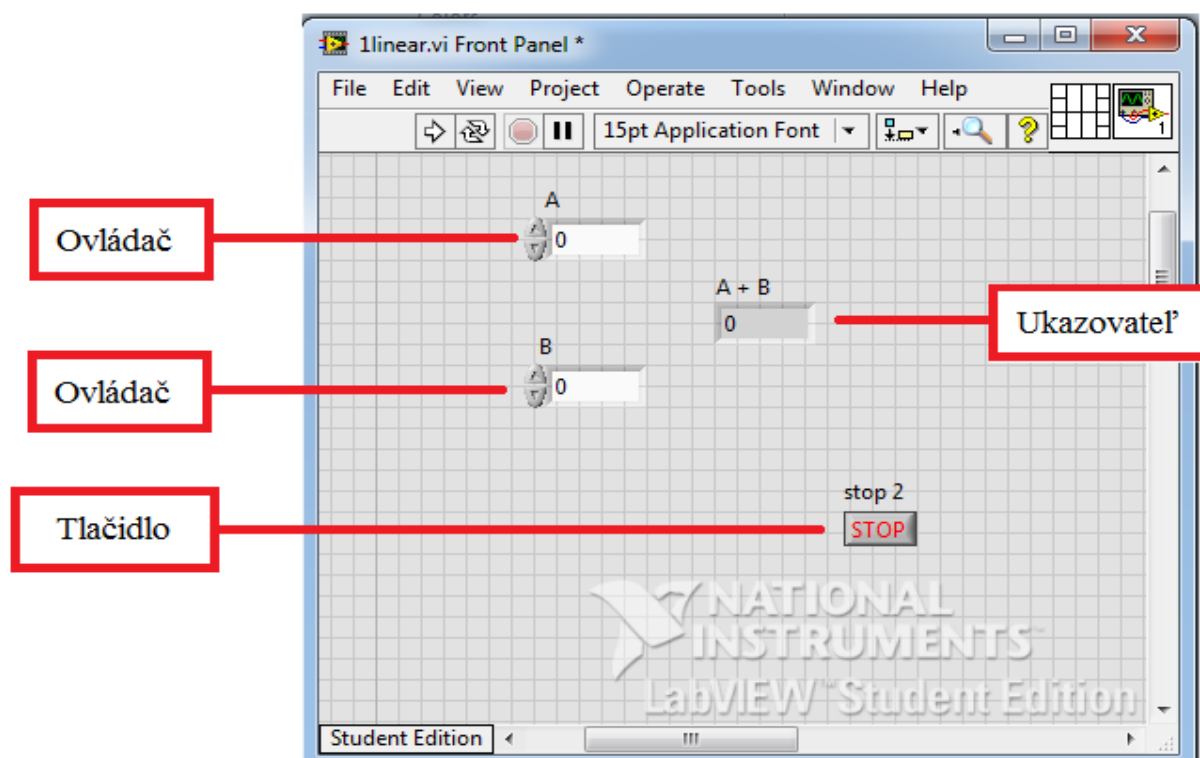
8.1 O programe

Samotný Labview bol predstavený už v roku 1986 americkou spoločnosťou National Instruments, považujúcej sa za priekupníka virtuálnej interpretácie. S vývojom grafických nástrojov začal Jeffrey Kodosky a doviedol ich až k vysokej technickej úrovni. Hlavnou myšlienkou bolo, aby technik svoje poznatky mohol zapísať v podobe blokového diagramu. Preto tento program, na rozdiel od iných, využívajúcich hlavne textovo orientované jazyky, je zameraný na grafickú interpretáciu označovanú aj ako jazyk G. Veľký dôraz je kladený na programovanie paralelných procesov pre beh programu v reálnom čase, čo umožňuje už verzia LabVIEW 1.0. Rozšírenie prišlo vo verzii 8.20, ktorá umožňuje objektové programovanie a používanie konceptov, ako sú napríklad: objekty, triedy, metódy, vlastnosti, zapuzdrenie, dedičnosť a polymorfizmus známych z programovacích jazykov, ako napríklad C, Java alebo Fortran. Kódy písané v textových jazykoch už v dnešnej dobe nerobia problém ani LabVIEW a môžeme ich volať po prevedení do dynamickej (DDL) alebo zdieľanej knižnici rovnako môžeme využiť softvérové technológie ako sú napríklad ActiveX alebo .NET.

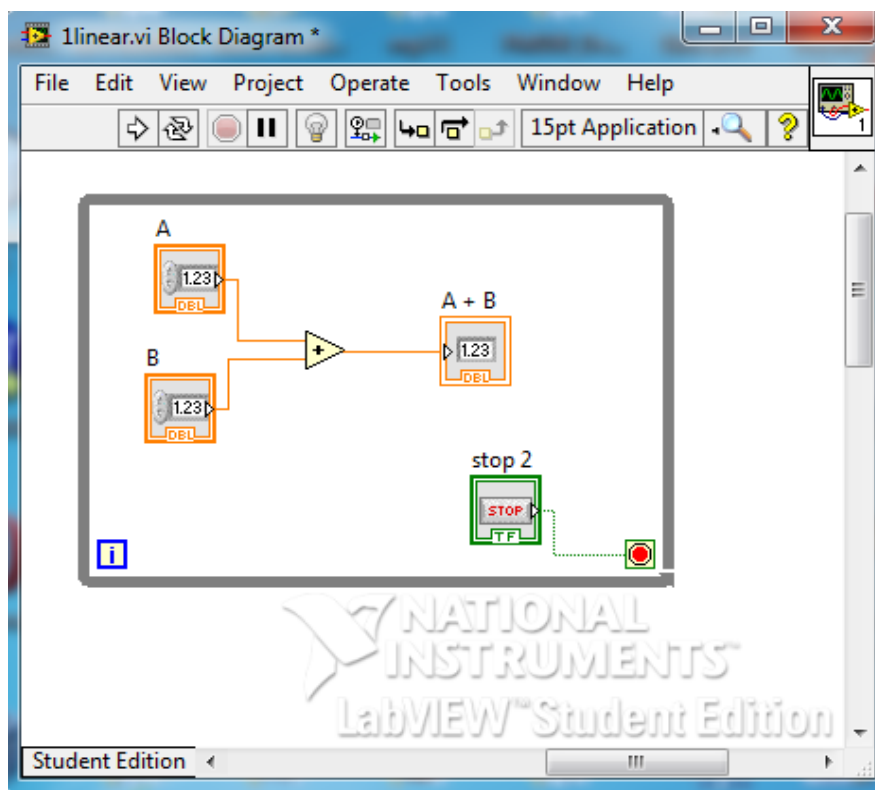
Rýchly beh programu bol zaručený už od verzie LabVIEW 2.0. V tejto verzii kompilátor umožňoval spustiť program skoro s rovnakou rýchlosťou ako v bežne kompilovaných jazykoch. Keďže grafický kód je priamo kompilovaný do strojového kódu je jeho spracovanie oveľa rýchlejšie ako u interpretovaných jazykoch. [18]

8.2 Vývojové prostredie

LabVIEW obsahuje množstvo knižníc a funkcie sú interpretované rôznymi ikonami schopnými sa navzájom virtuálne spojiť a výsledky zobrazit' ako integer, string, prípadne graf s jedným či viacerými vstupmi. Samotné prostredie sa skladá z dvoch častí a to čelný panel (front panel) Obrázok 8.1 a blokový diagram (block diagram) Obrázok 8.2. Predný panel reprezentuje vizuálnu stránku programu, kde je možné vkladať tlačidlá, ovládacie prvky, zobrazovacie prvky, grafy, polia a mnoho ďalších. Blokový diagram obsahuje samotný zdrojový kód programu v podobe blokového diagramu. [19]



Obrázok 8.1: Ukážka čelného panela v LabVIEW



Obrázok 8.2: Ukážka blokového diagramu v LabVIEW

8.3 Prepojenie s hardvérom

Ako už bolo spomenuté v úvodnej časti, hlavnou úlohou LabVIEW je zber dát a ovládanie hardvéru. S týmto sa spája schopnosť komunikácie LabVIEW s tisíckami rôznych hardvérových zariadení. Ako je už v dnešnej dobe zvykom, väčšina zariadení je priamo dodávaná s príslušným softvérom, avšak ten je kompatibilný len s daným prístrojom prípadne jemu podobným a má len obmedzené množstvo funkcií. Ďalšou prekážkou je vysoká časová náročnosť na nastavenie, konfiguráciu a zosúladienie viacerých zariadení. Naopak LabVIEW ponúka možnosť prepojenia viacerých hardvérov s ovládačmi bežne dostupných, a tak dostávame jediné vývojové prostredie pre všetky naše použité zariadenia. Komunikácia prebieha pomocou priloženého softvéru charakterizujúceho komunikačnú vrstvu medzi LabVIEW a zariadením. V prípade, že nedisponujeme ovládačmi alebo chceme pridať ďalšie funkcie, ponúka sa nám viacero možností. Jednou z nich je nainštalovať ich od iných programovacích jazykov alebo si môžeme nainštalovať vlastný ovládač. Z dôvodu úspory časovej náročnosti sa vytvorilo spoločenstvo nástrojov Instrument Driver Network (IDNet) disponujúcimi viac ako 10 000 ovládačov pre prácu v LabVIEW. Ďalším šikovným nástrojom je Instrument Driver Finder. Nástroj automaticky detekuje pripojené zariadenie a vyhľadá ovládače v IDNet následne sú tieto ovládače aj stiahnuté a nainštalované. [20]

8.4 LabVIEW vs Matlab

V tejto práci som používal komponenty od Thorlabs, ktoré sa dajú ovládať rôznymi nástrojmi. Jednými z nich sú LabVIEW a Matlab a každý so sebou prináša isté výhody. Obe platformy sú používané mnohými inžiniermi a vedcami na celom svete v oblasti návrhu, modelovania, simulácie, prototypu a zavádzania nových technológií. Matlab je používaný hlavne na výpočty a simulácie, keďže disponuje množstvom doplnkových knižníc a Simulinkom. Simulink je doplnok Matlabu využívaný pre rýchle a pohodlné vytvorenie modelov vo forme blokových schém. Doplnkové knižnice sú rozdelené do viacerých oblastí. Každá oblasť obsahuje špecifické funkcie na vyššej úrovni. Oproti tomu LabVIEW je prevažne používaný ak ide o funkčné a grafické používateľské rozhranie alebo interakciu s hardvérom. Nie je žiaden problém používať oba nástroje, pretože dokážu spolu komunikovať cez API alebo DLL knižnice. Kódy nainštalované v oboch nástrojoch sú medzi sebou prenositeľné, čo je veľkou výhodou. LabVIEW tiež disponuje MathScriptfunction modulom. Tento modul umožňuje zapisovať matematické algoritmy bez použitia grafickej podstaty. Užívatelia sú schopní použiť skripty z iných nástrojov, napríklad z Matlab a pracovať s nimi v LabVIEW. Tieto matematické algoritmy môžeme opakovane využívať a dokonca ich môžeme prepojiť s grafickým užívateľským rozhraním alebo s reálnymi signálmi.

Porovnanie výkonu Matlab a LabVIEW nezávislou spoločnosťou v štyroch rôznych oblastiach: výpočet matice, rýchla Fourierova transformácia (FFT), výpočet prenosovej funkcie, simulácia jednosmerného motora. Všetky testy boli vykonávané na rovnakom PC (4-jadrový Intel Core i7) a verziách MATLAB R2011 a LabVIEW 2010. Hodnotil sa čas potrebný na vykonávanie, jednoduchosť kódu a aktualizácia programu spolu s jeho odladením. [21]

Výpočet matice prebiehal násobením 1000 matic s veľkosťou 1000x1000 čo predstavuje milión hodnôt.

	Čas vykonávania [ms]			Kód	
	priemer	minimum	maximum	jednoduchosť	odladenie
Matlab	6,23	6,052	6,349	+	+
LabVIEW	15,618	15,372	15,807		

Tabuľka 8.1: Porovnanie časovej náročnosti pre výpočet matic [21]

Druhé meranie bolo na základe Fourierovej transformácie používajúcej sa pre spektrálnu analýzu generovaného alebo získaného signálu.

	Čas vykonávania [ms]			Kód	
	priemer	minimum	maximum	jednoduchosť	odladenie
Matlab	289	271	632		
LabVIEW	162	144	188	+	+

Tabuľka 8.2: Porovnanie časovej náročnosti pre výpočet Fourierovej transformácie [21]

Pre meranie prenosovej funkcie boli použité tri špecifické funkcie, ktoré sa násobia.

	Čas vykonávania [ms]			Kód	
	priemer	minimum	maximum	jednoduchosť	odladenie
Matlab	188	152	1775	+	+
LabVIEW	90	60	140		

Tabuľka 8.3: Porovnanie časovej náročnosti prenosovej funkcie [21]

Posledné meranie bolo založené na simulácii DC motora.

	Čas vykonávania [ms]			Kód	
	priemer	minimum	maximum	jednoduchosť	odladenie
Matlab	215	135	529	+	
LabVIEW	309	295	322	+	+

Tabuľka 8.4: Porovnanie časovej náročnosti simulácie DC motora [21]

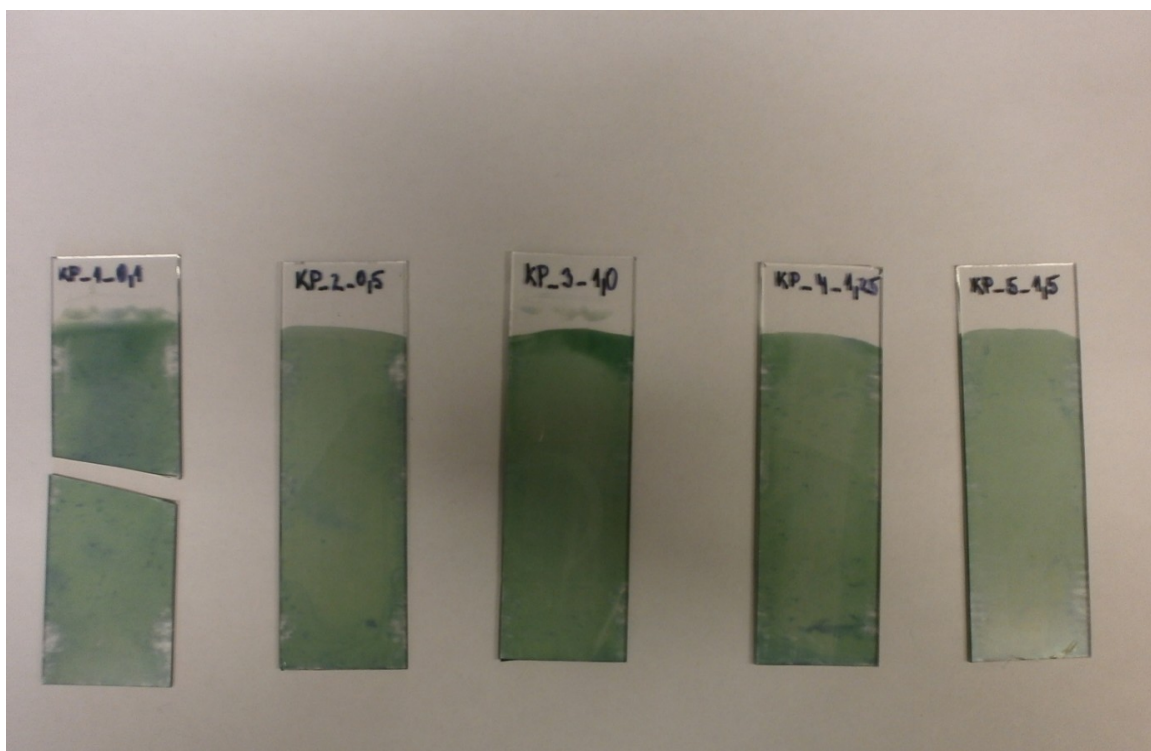
Z uvedeného vyplýva, že oba nástroje sú si podobné. Matlab je lepší na výpočty a simuláciu a LabVIEW je lepší pre klasické technické výpočty a funkcie. Keďže nás zaujíma hlavne ovládanie motorov a spracovanie nameraných hodnôt, rozhodol som sa pre používanie nástroja LabVIEW aj vzhľadom na predchádzajúce skúsenosti s nástrojmi.

9 Praktické merania

Merania prebiehali celkom na 5 vzorkách zobrazených na obrázku Obrázok 9.1. Vzorky sa skladali z laboratórneho sklíčka, na ktorom bola nanosená vrstva polyanilínu. Táto vrstva bola vytvorená oxidáciou anilínu s časom reakcie 20 minút. Každá vzorka mala svoje označenie KP s číslom od 1 do 5, za ktorým bola uvedená molárna koncentrácia kyseliny chlorovodíkovej (HCl), v ktorej sa vzniknutá zrazenina premývala ako bolo spomenuté v kapitole 3.1.1. Koncentrácia sa uvádza v mol/dm^3 . Takto vytvorené vrstvy polyanilínu sa od seba diferencovali rôznou hrúbkou a vlastnosťami.

Výpis vzoriek:

- KP_1_0,1 – Vzorka číslo 1 s koncentráciou HCl $0,1 \text{ mol/dm}^3$
- KP_2_0,5 – Vzorka číslo 2 s koncentráciou HCl $0,5 \text{ mol/dm}^3$
- KP_3_1,0 – Vzorka číslo 3 s koncentráciou HCl $1,0 \text{ mol/dm}^3$
- KP_4_1,25 – Vzorka číslo 4 s koncentráciou HCl $1,25 \text{ mol/dm}^3$
- KP_5_1,5 – Vzorka číslo 5 s koncentráciou HCl $1,5 \text{ mol/dm}^3$



Obrázok 9.1: Vzorky používané v meraniach

Vzorky boli odfotené po ukončení všetkých meraní. Na fotografii si môžeme všimnúť vplyv času na dané vzorky a znehodnotenia po rozličných meraniach. Po 4 týždňoch sa znehodnotila vzorka č. 1, a tak bola od tejto doby z meraní vylúčená okrem priečnych meraní odporu v meraní 9.1.

9.1 Meranie odporu PANI vzoriek

Mojou prvou úlohou bolo odmerať odpor PANI vzoriek a zistiť ich správanie v závislosti na čase. Meranie bolo uskutočnené celkom sedemkrát, s odstupom jedného týždňa. Z dôvodu neprístupnosti laboratória bolo posledné meranie uskutočnené s odstupom až 3 týždňov.

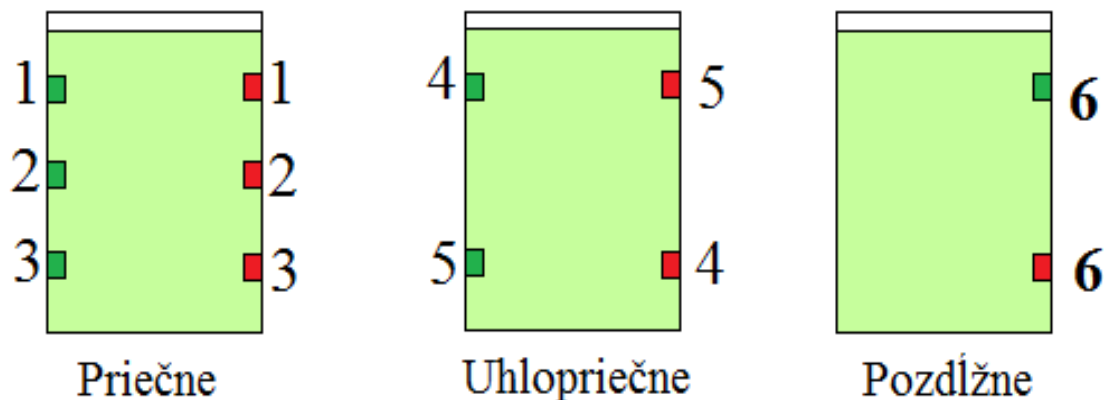
Komponenty meracej zostavy:

- multimeter s kliešťami
- vodivá pryž

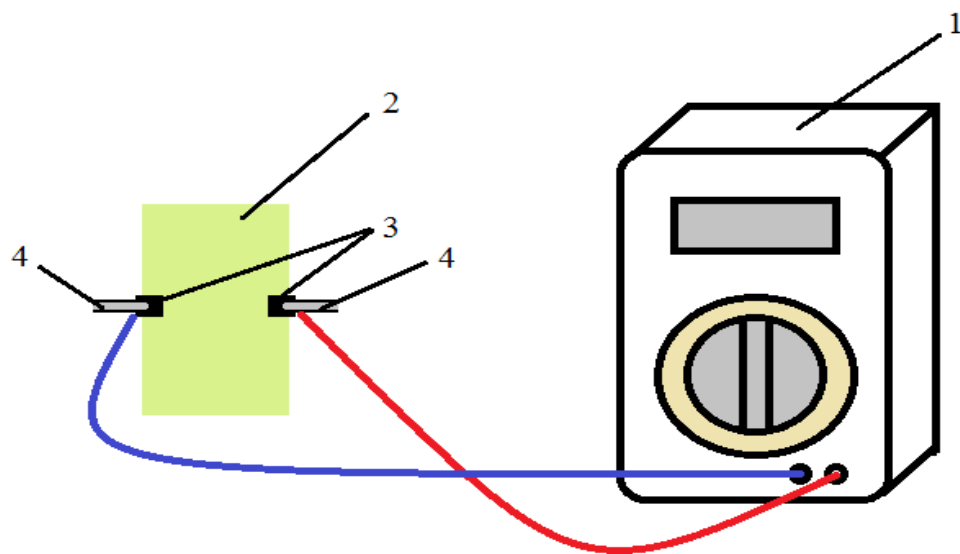
Schéma meracej zostavy je vyobrazená na obrázku Obrázok 9.3 a fotografia zostavy je na obrázku Obrázok 9.4.

Princíp merania spočíval v uchytení vzorky do kliešti za pomoci vodivej pryže s takmer nulovým odporom. Každá vzorka bola meraná šiestimi rôznymi uchyteniami klieští. Miesta uchytenia sú znázornené na obrázku Obrázok 9.2. Po uchytení vzorky sa počkalo približne 30 sekúnd na ustálenie hodnôt na multimetri. Tieto hodnoty som následne odčítal a zapísal do tabuliek, z ktorých boli vypracované príslušné grafy. Prvé merania prebehli bez väčších komplikácií, ale v priebehu času asi po 4. meraní, sa postupným pripevňovaním pryže na vzorku začala naniesť vrstva PANI znehodnocovať, čo mohlo mať za následok zväčšenie odporu, a tak mohlo dôjsť ku skresleniu nameraných výsledkov. Meraciu zostavu by bolo vhodné zdokonaľiť z hľadiska uchytenia vzorky. Jednou z možností by bolo fixné uchytenie pryže na vzorku po celý čas merania. Otázkou je, ako sa bude správať vrstva pod pryžou. Tieto vzorky boli používané v ďalších meraniach, čo nám túto možnosť znemožnilo.

Po dokončení merania bola požiadavka na výpočet merného odporu, ale v meraní 9.2 Meranie priepustnosti sme zistili, že vrstvy na daných vzorkách sú nehomogénne, čo by sťažovalo výpočet plochy kolmého prierezu potrebného k výpočtu.



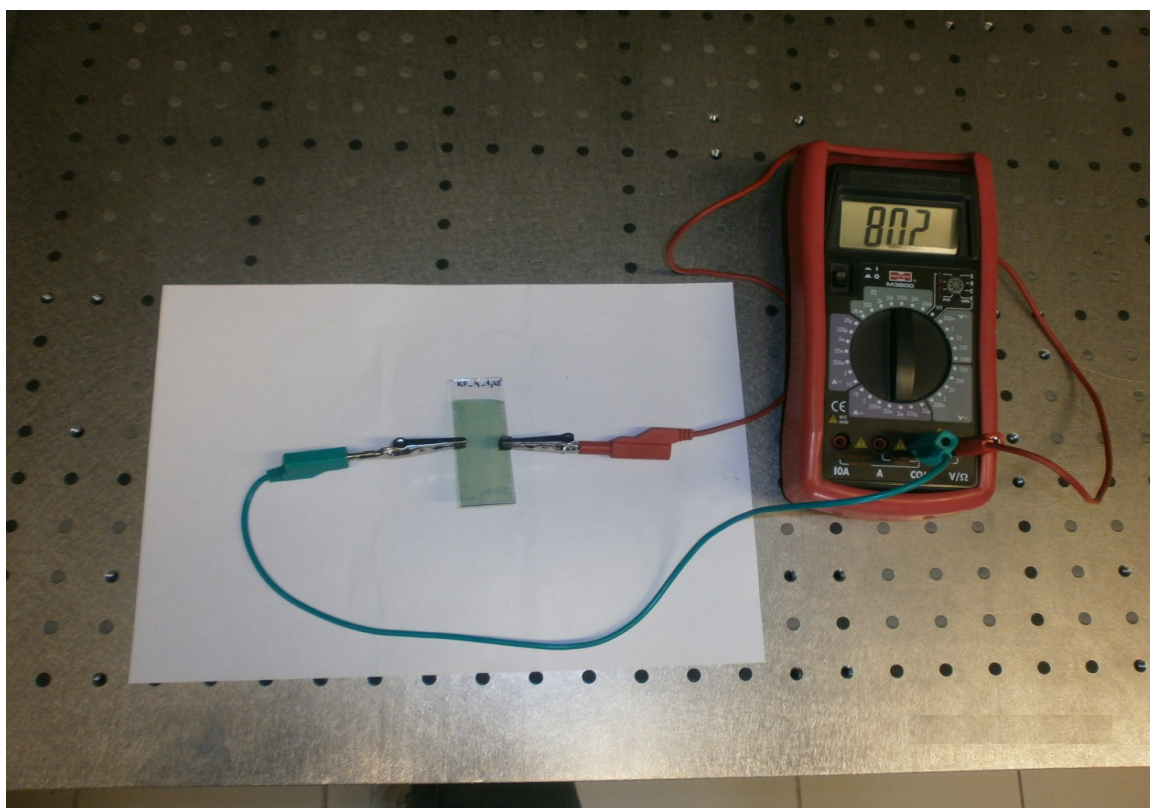
Obrázok 9.2: Miesta uchytenia vzoriek pre meranie odporu



1. Voltmeter
3. Vodivé gumičky

2. Meraná vzorka
4. Kliešte

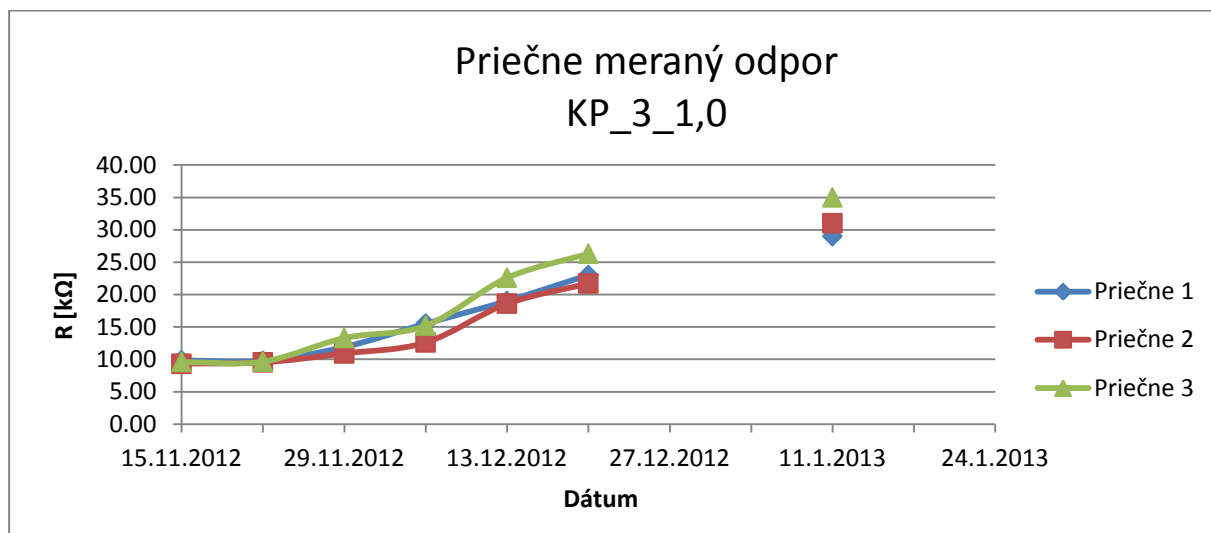
Obrázok 9.3: Schéma meracej zostavy na meranie odporu



Obrázok 9.4: Fotografia pracoviska na meranie odporu

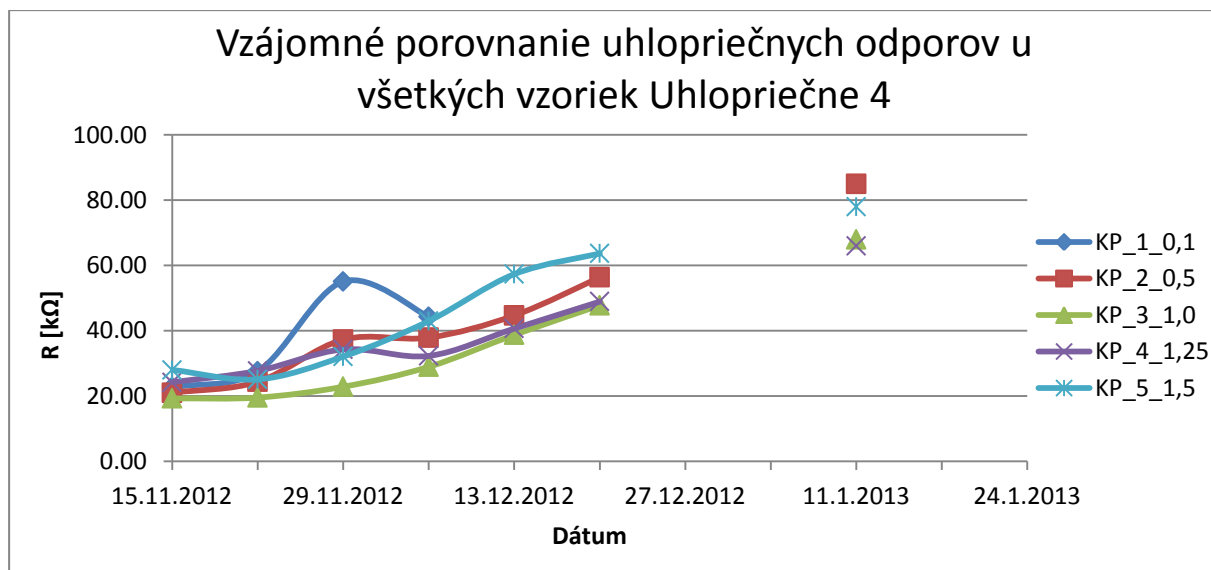
Jednotlivé vzorky sa správali skoro identicky. Odpor s časom takmer lineárne stúpal u všetkých vzoriek. Iba jedna vzorka KP_1_0,1 vykazovala pokles odporu v 4. uhlopriečnom meraní do doby pokiaľ som bol schopný danú vzorku merať.

Ďalším zaujímavým javom zisteným v priebehu meraní je dosahovanie najnižších odporov v 2. priečnom meraní. Spomínané správanie bude overované ďalšími meraniami.



Obrázok 9.5: Graf prične nameraného odporu na danej vzorke

Na danom grafe je vyobrazená vzorka KP_3_1,0, kde vidíme opísanú linearitu odporu v závislosti na čase. Okrem toho si môžeme všimnúť spomínaný jav, ktorý v 2. priečnom meraní vykazovalo najnižší odpor. Namerané hodnoty všetkých vzoriek sa nachádzajú na priloženom CD.



Obrázok 9.6: Graf vzájomného porovnania priečných odporov u všetkých vzoriek

Pre porovnanie viacerých vzoriek boli skonštruované grafy vo vybraných meraniach. Konkrétne na danom grafe si môžeme všimnúť pokles odporu vzorky KP_1_0,1.

9.2 Meranie priepustnosti

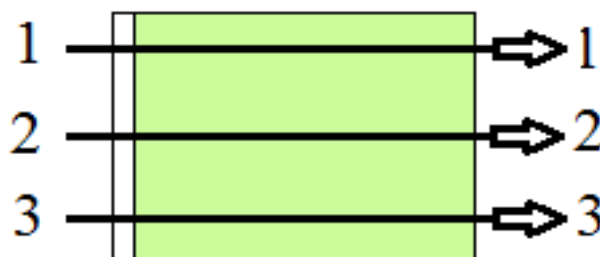
Ako už bolo spomenuté, každá vzorka mala rôznu hrúbku nanesej vrstvy a táto hrúbka nie je konštantná na celej ploche sklička. Z toho dôvodu sa prevádzalo meranie priepustnosti nanesených vrstiev, čo viedlo k zisteniu homogenity vrstvy a vplyv času na túto vrstvu. Keďže väčšina meraní prebieha v určitých častiach vzorky pre experimentálne skúmanie je homogenita jedným z hlavných kritérií. Meranie bolo uskutočnené celkom 5 krát s odstupom jedného týždňa. Meranie priepustnosti bolo prevádzané paralelne s meraním 9.1 Meranie odporu PANI vzoriek .

Komponenty meracej zostavy:

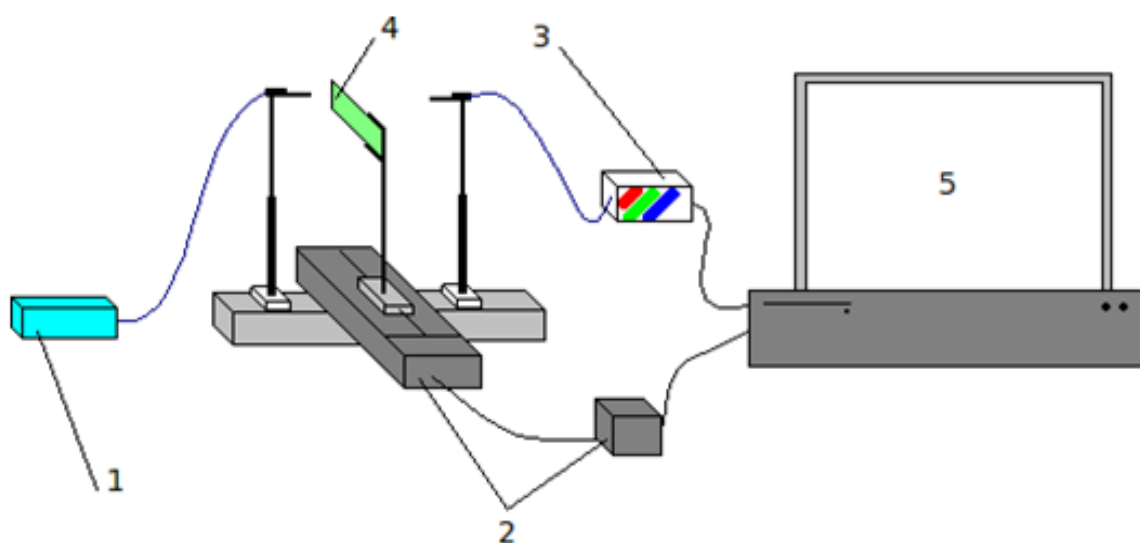
- dve optické vlákna (single-mode)
- spektrometer
- halogénový zdroj
- dva výškovo nastaviteľné držiaky
- lineárny posuv s DC ovládačom motora
- osobný počítač
- držiak vzorky

Schéma meracej zostavy je vyobrazená na obrázku Obrázok 9.8 a fotografia zostavy je predstavená na obrázku Obrázok 9.9.

Meranie bolo vykonávané v troch líniách na každej vzorke. Názorná ukážka meraných línií je na obrázku Obrázok 9.7. Meranie prebiehalo umiestnením vzorky do držiaka nachádzajúcim sa na lineárnom posuve s krokom 2mm medzi dve optické vlákna. Pri tomto kroku bolo na vzorke vykonaných 50 posuvov na každej línií, pri ktorých sa zaznamenávali hodnoty. Tieto hodnoty boli neskôr spracované v Matlab a výsledky môžeme vidieť na obrázkoch Obrázok 9.10 a Obrázok 9.11. Halogénový zdroj nasvecoval vzorku umiestnenou nanesenou vrstvou proti svetlu. Na druhej strane sa o zber dát staral spektrometer pripojený na osobný počítač. Pred samotným začatím merania bolo potrebné nastaviť vlákna do polohy tak, aby vlákno na strane spektrometra pohlcovalo čo najviac svetla. Následne som na spektrometri nastavil integračný čas tak, aby bola úroveň prijímaného svetla tesne pred saturáciou. Potom bola zostava prepnutá do módu pre meranie transmitácie a opäť nastavený integračný čas tak, aby prijímaný signál dosahoval 100%. Celé meranie prebiehalo v zatemnenej miestnosti, čo zaručovalo väčšiu presnosť merania a eliminovanie rušivých vplyvov. Čas potrebný na odmeranie jedného vzorku v troch líniách bol približne 15 minút, vrátane uchytenia a nastavenia výšky držiaka na potrebnú líniu.

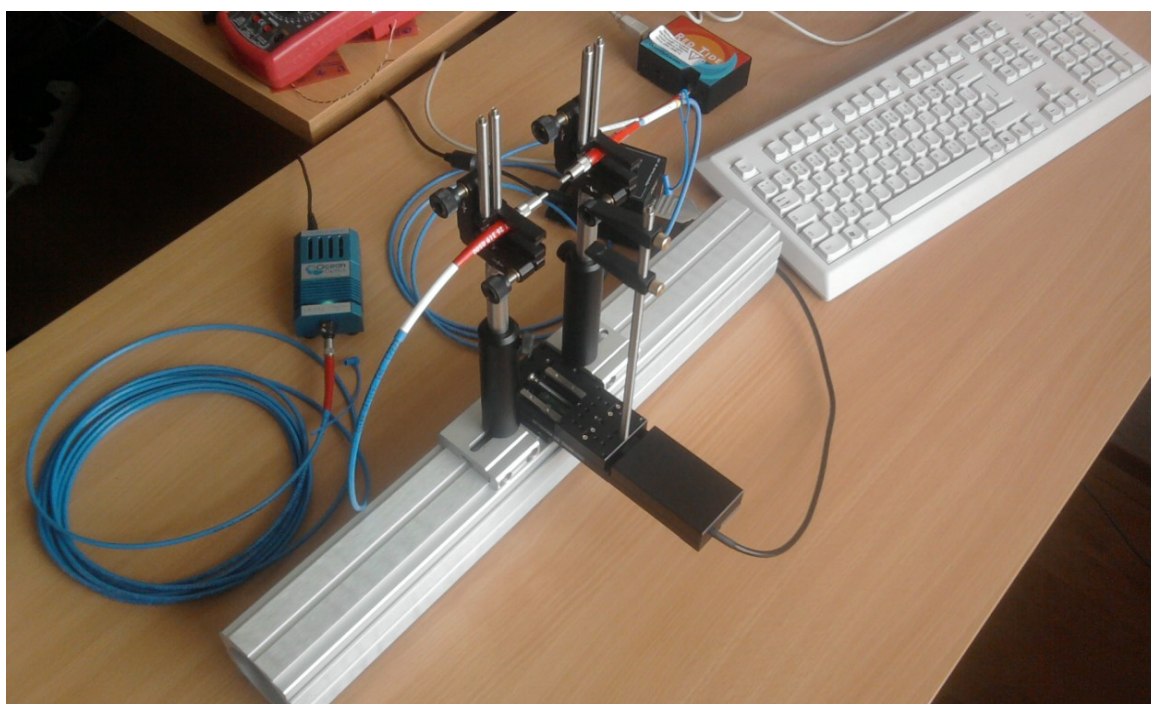


Obrázok 9.7: Miesta merania priepustnosti

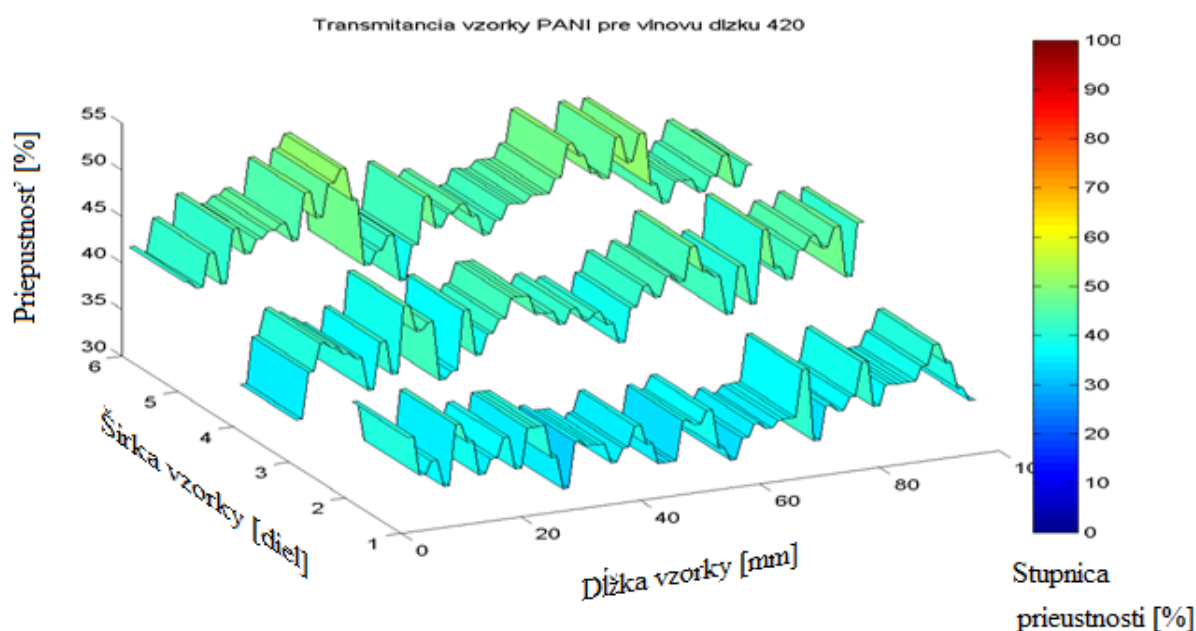


- | | |
|--|-------------------|
| 1. Halogénový zdroj | 4. Skúmaná vzorka |
| 2. Lineárny elektromotor s riadiacou jednotkou | 5. Počítač |
| 3. Spektrometer | |

Obrázok 9.8: Schéma meracieho pracoviska pre meranie priepustnosti [22]



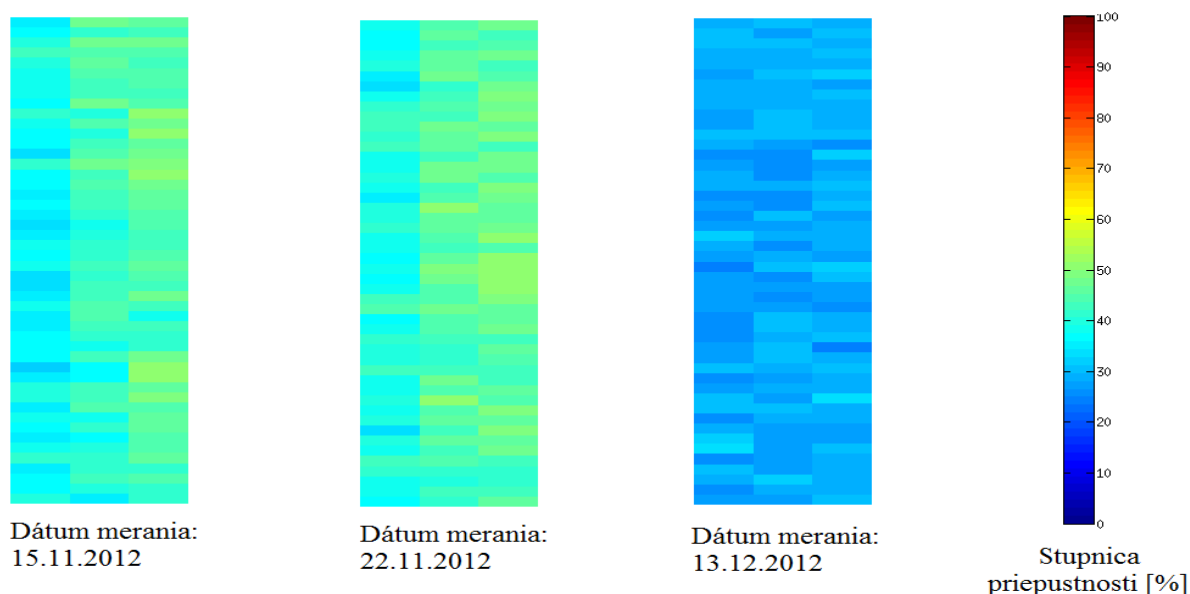
Obrázok 9.9: Fotografia meracieho pracoviska pre meranie priepustnosti [22]



Obrázok 9.10: 3D transmitancia vybranej vzorky

Obrázok predstavuje 3D model vzorky a percentuálnu priepustnosť. Konkrétne ide o vzorku KP_3_1,0 meranú 15.11.2012. Z grafu je zrejmé, že priepustnosť v jednotlivých miestach merania sa pohybovala v rozmedzí 30 až 55 %. Z čoho môžeme vyvodiť, že sa o rovnaké percento menila hrúbka meranej vrstvy. Vypracované hodnoty všetkých vzoriek sa nachádzajú na priloženom CD.

Vzorka KP_3_1,0



Obrázok 9.11: Šachovnicové porovnanie transmitancie vzorky v závislosti na čase

Porovnanie danej vzorky v závislosti na čase. Na obrázku vidíme pôsobenie času na PANI vrstvu a jej reakciu. S odstupom času sme zníženie priepustnosti sledovali na všetkých vzorkách.

9.3 Meranie odrazivosti - manuálne

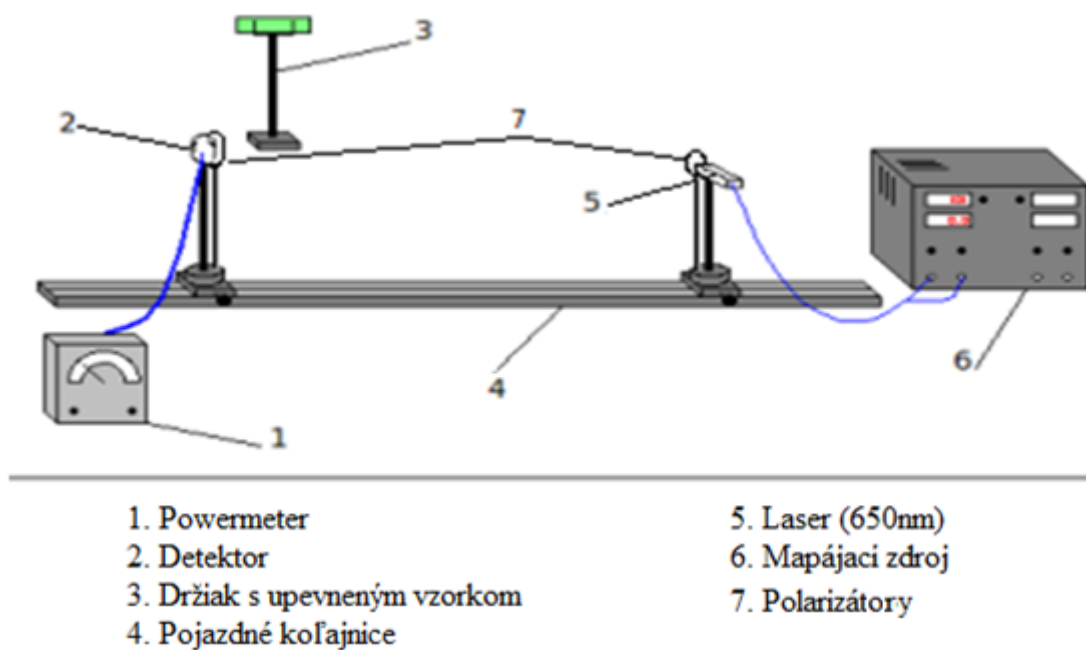
V tomto meraní bolo mojou úlohou zistiť maximálny výkon odrazu pod rôznymi uhlami dopadu.

Komponenty meracej zostavy:

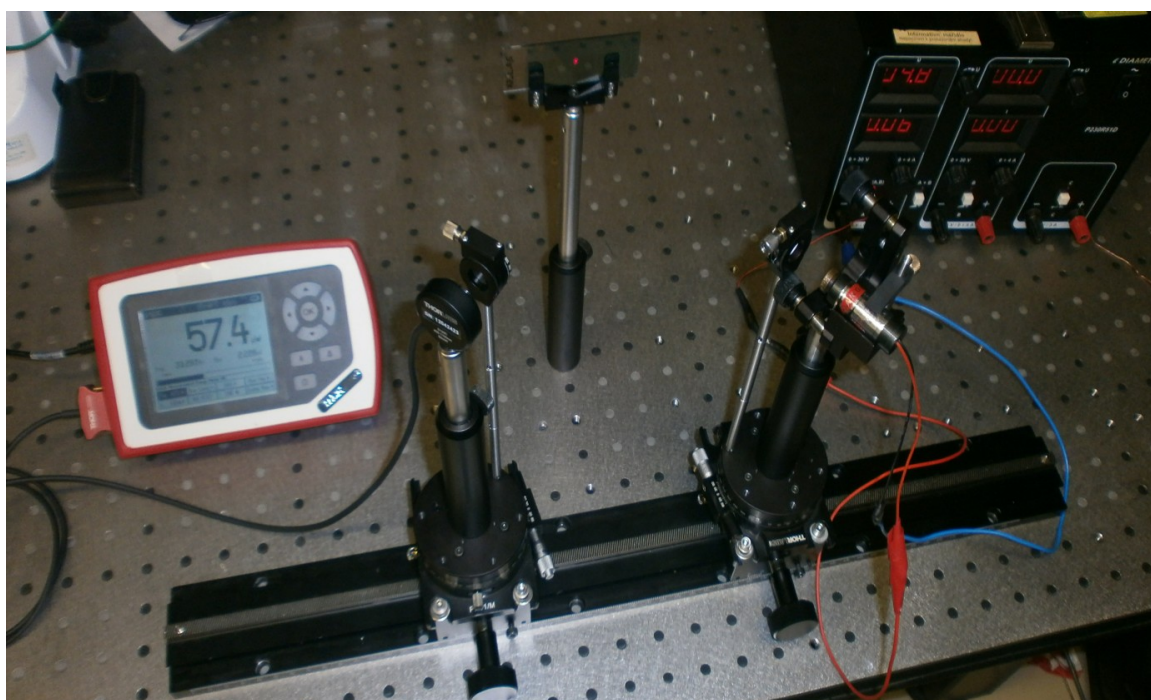
- tri výškovo nastaviteľné držiaky
- koľajnica s dvoma posuvmi
- dva polarizátory
- dve otočné podstavy
- laser
- powermeter
- zdroj napätia
- držiak lasera
- držiak vzorky

Schéma meracej zostavy je vyobrazená na obrázku Obrázok 9.12 a na obrázku Obrázok 9.13 je fotografia používanej meracej zostavy.

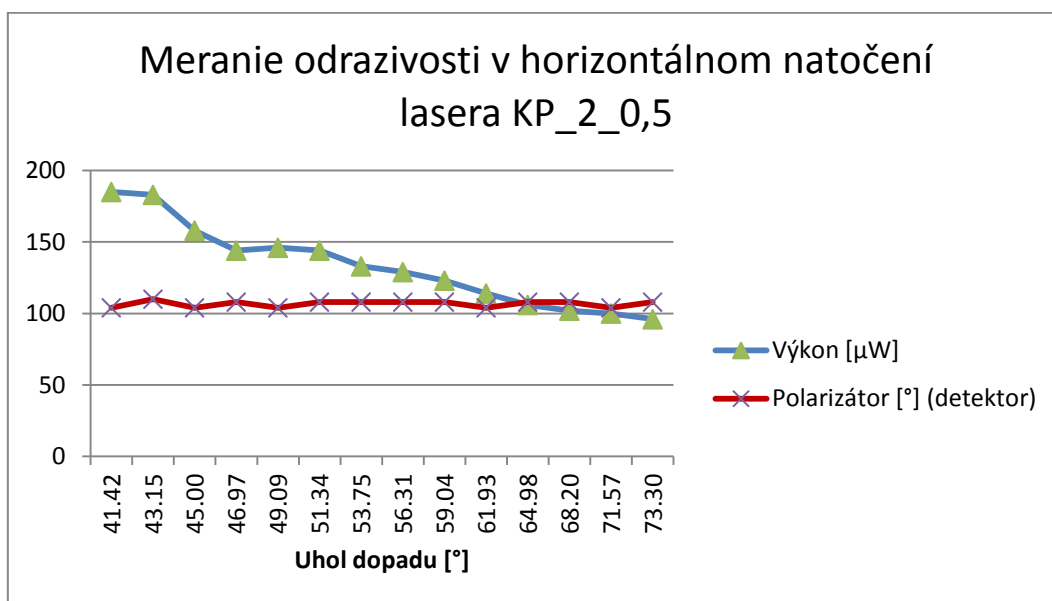
Na začiatku merania bolo potrebné uchytiť laser do vertikálnej alebo horizontálnej polarizačnej roviny. Bol zvolený laser s vlnovou dĺžkou 650 nm a napájacie napätie 4,8 V hlavne kvôli jednoduchšiemu pozorovaniu. Následne som posuvy na koľajniciach nastavil 34 cm od seba a uprostred detektora a lasera som umiestnil v 15 cm vzdialenosti od koľajníc držiak s meranou vzorkou. Ako ďalšie som uskutočnil natočenie polarizátora na strane lasera na potrebný uhol tak, aby som dostal čo najväčší výkon bez použitia druhého polarizátora na strane detektora. Tento polarizátor bol natočený na uhol 50° pre horizontálne natočenie lasera a 140° pre vertikálne natočenie lasera. Po upevnení polarizátora pred detektor bolo potrebné nastaviť otočné podstavy do potrebného uhla, v ktorom odraz od vzorky priamo dopadal na detektor. Pre výpočet uhla bola použitá funkcia arctang. Otáčaním polarizátora pri detektore bol získaný najvyšší výkon odrazeného lúča v danom uhle. Hodnoty boli zapísané do pripravenej tabuľky a následne spracované. Uhol dopadu bol menený posúvaním otočných podstav po koľajnici s krokom 1 cm na každej koľajnici, čo viedlo k zmene uhlu na otočných podstavách. Na jednej vzorke bolo vykonaných 14 meraní, kde posledné meranie bolo uskutočnené s krokom na koľajnici len 0,5 cm. Časová náročnosť jednej vzorky v jednej polarizačnej rovine v 14 uhloch bola približne 20 minút. V čase nie je započítané uchytenie lasera a nastavenie polarizátorov.



Obrázok 9.12: Schéma meracej zostavy na meranie odrazivosti [22]

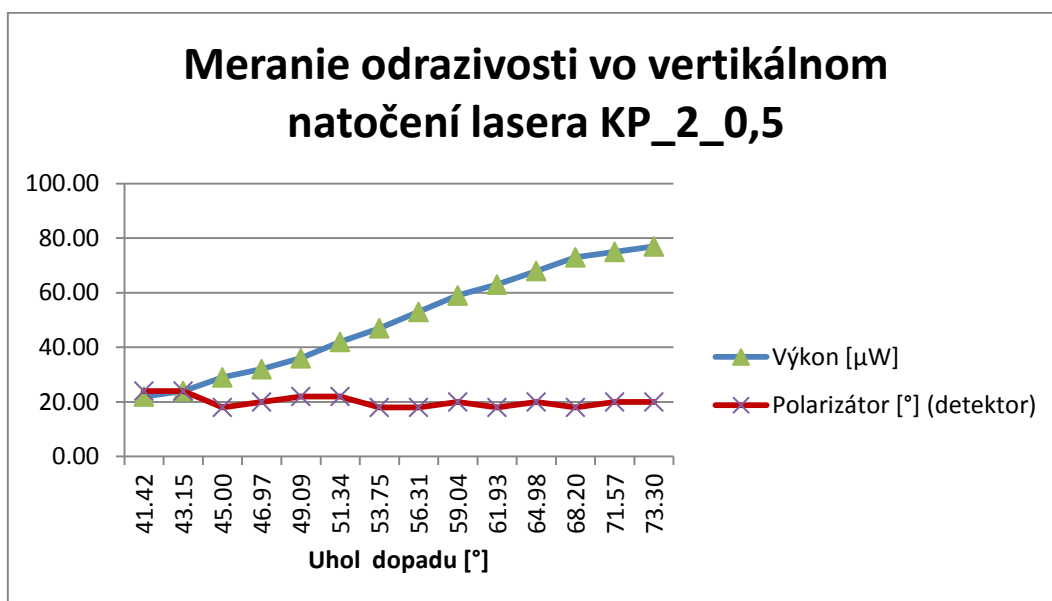


Obrázok 9.13: Fotografia meracieho pracoviska na meranie odrazivosti



Obrázok 9.14: Graf priebehu polarizácie a výkonu daného vzorku v horizontálnom natočení lasera

Najväčší výkon pri horizontálnom natočení lasera bol získavaný v nižšom uhle dopadu, čo vidíme aj na grafe. Vzorka na grafe vykazovala najvyšším výkonom pri uhle okolo 41°. Zväčšovaním uhla sa výkon na detektore znižoval.



Obrázok 9.15: Graf priebehu polarizácie a výkonu danej vzorky vo vertikálnom natočení lasera

Vertikálne natočenie lasera sa správalo opačne ako horizontálne natočenie. So zväčšovaním uhla sa výkon na detektore zvyšoval. Najvyšší výkon na danej vzorke bol nameraný na uhle okolo 73°.

Takéto správanie bolo pozorované na všetkých meraných vzorkách. Meranie prebiehalo až po ukončení meraní 9.1 Meranie odporu PANI vzorke 9.2 Meranie priepustnosti. Namerané hodnoty a grafy sú obsiahnuté v priloženom CD.

9.4 Meranie odrazivosti – s napätím na vzorke

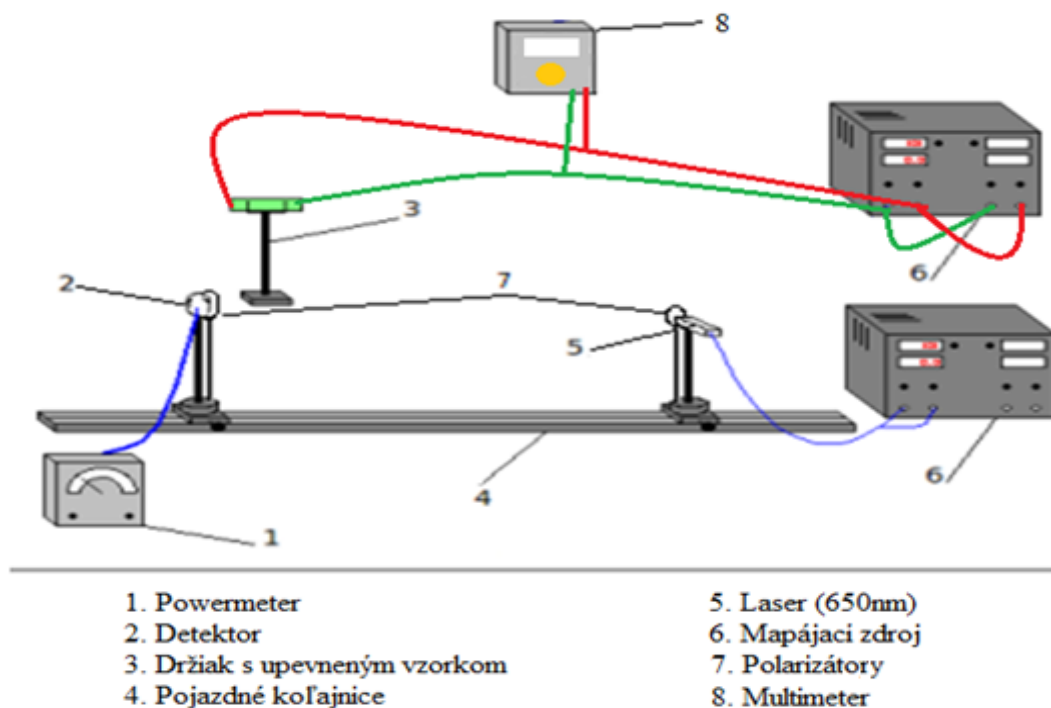
V tomto meraní bolo mojou úlohou zistiť maximálny výkon odrazu pod rôznymi uhlami dopadu s pripojeným napätím na vzorke.

Komponenty meracej zostavy:

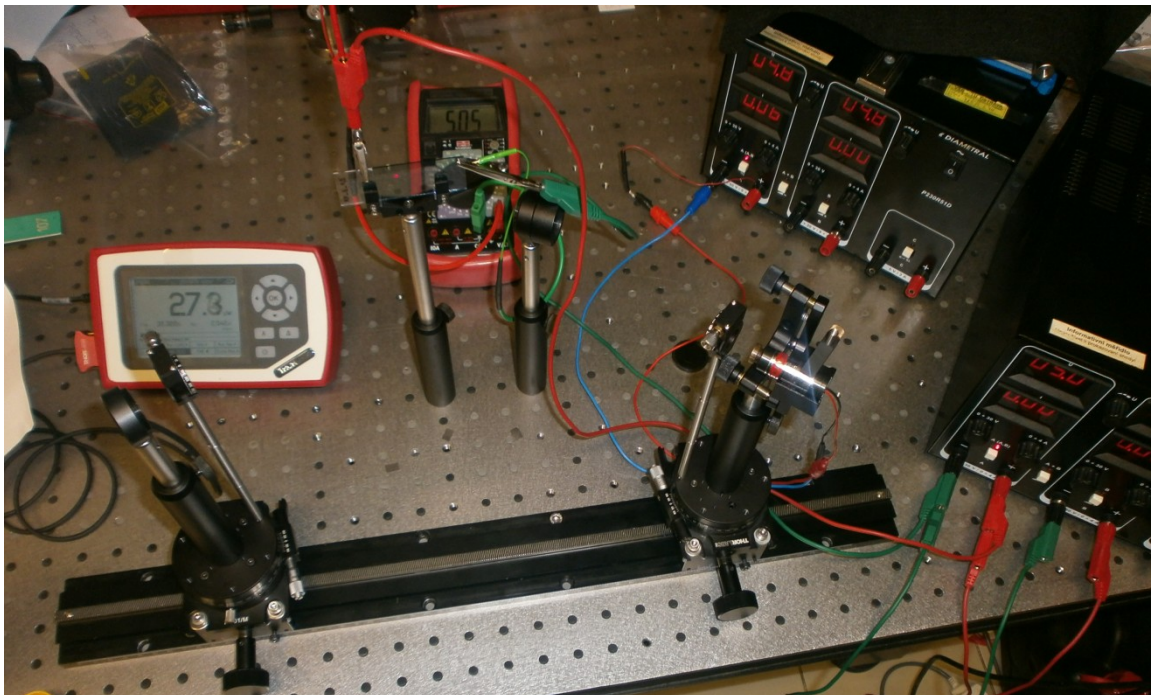
- tri výškovo nastaviteľné držiaky
- koľajnica s dvoma posuvmi
- dva polarizátory
- dve otočné podstavy
- laser
- powermeter
- dva zdroje napätia
- multimeter s kliešťami
- vodivá pryž
- držiak lasera
- držiak vzorky

Schéma meracej zostavy je vyobrazená na obrázku Obrázok 9.16 a na obrázku Obrázok 9.17 je fotografia používanej meracej zostavy.

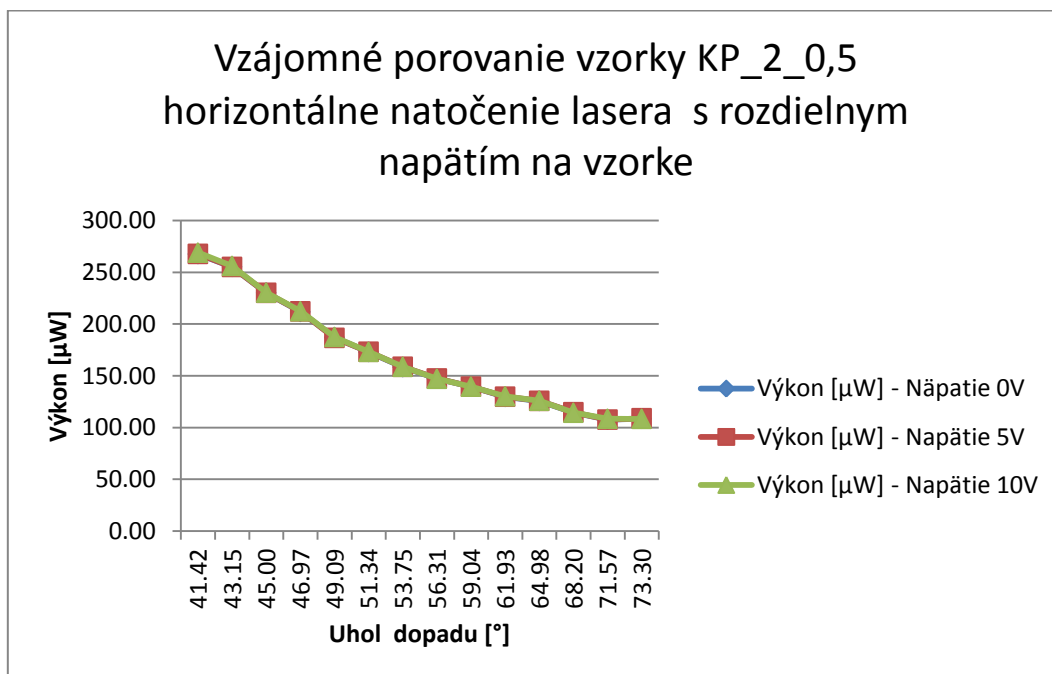
Meranie prebiehalo zhodným spôsobom ako predchádzajúce meranie 9.3 Meranie odrazivosti - manuálne s tým rozdielom, že na meranej vzorke bol pripojený zdroj napätia a oba výstupy na zdroji boli prepojené. Podľa zapnutia daného výstupu sa na vzorke menilo napätie, a to 5 V alebo 10 V. Kvôli kontrole a spresnení napätia bol k obvodu pripojený multimeter.



Obrázok 9.16: Schéma meracej zostavy na meranie odrazivosti s napätím na vzorke



Obrázok 9.17: Fotografia meracieho pracoviska na meranie odrazivosti s napätím na vzorke



Obrázok 9.18: Vzájomne porovnanie danej vzorky horizontálnym natočením lasera s rozdielnym napätím na vzorke

Po pripojení napätia na vzorku sa stavba polyanilinu mení. Na základe zmeny stavby sa predpokladala zmena výkonu dopadajúceho na detektor prípadne zmena odrazivosti PANI. Tieto vlastnosti by mohli byť použité pre tzv. metamateriál. Merania prebehli na všetkých vzorkách s rôznym napätím bez väčšej zmeny. Tieto výsledky mohli byť ovplyvnené vysokým odporom nameraným v meraní 9.1 Meranie odporu PANI vzoriek, pretože meranie bolo vykonávané až po ukončení meraní 9.1 Meranie odporu PANI vzoriek a 9.2 Meranie priepustnosti. Ďalším dôvodom ovplyvňujúcim výsledky mohlo byť uchytanie klieští. Uchytanie nebolo možné vykonať mimo znehodnotených miest z merania odporu 9.1 Meranie odporu PANI vzoriek.

Toto meranie nebolo možné vykonávať paralelne s meraniami 9.1 Meranie odporu PANI vzoriek a 9.2 Meranie priepustnosti z dôvodu nedostupnosti častí potrebných na konštrukciu meracej zostavy.

9.5 Meranie odrazivosti – automatizované

Manuálne meranie odrazivosti jednej vzorky bolo časovo náročné a bolo potrebné manuálne obsluhovať meraciu zostavu. V dôsledku toho vznikla požiadavka na zautomatizovanie tejto meracej zostavy. Nejde o zníženie časovej náročnosti, ale o vytvorenie automatizovanej zostavy bez potreby fyzickej obsluhy počas merania.

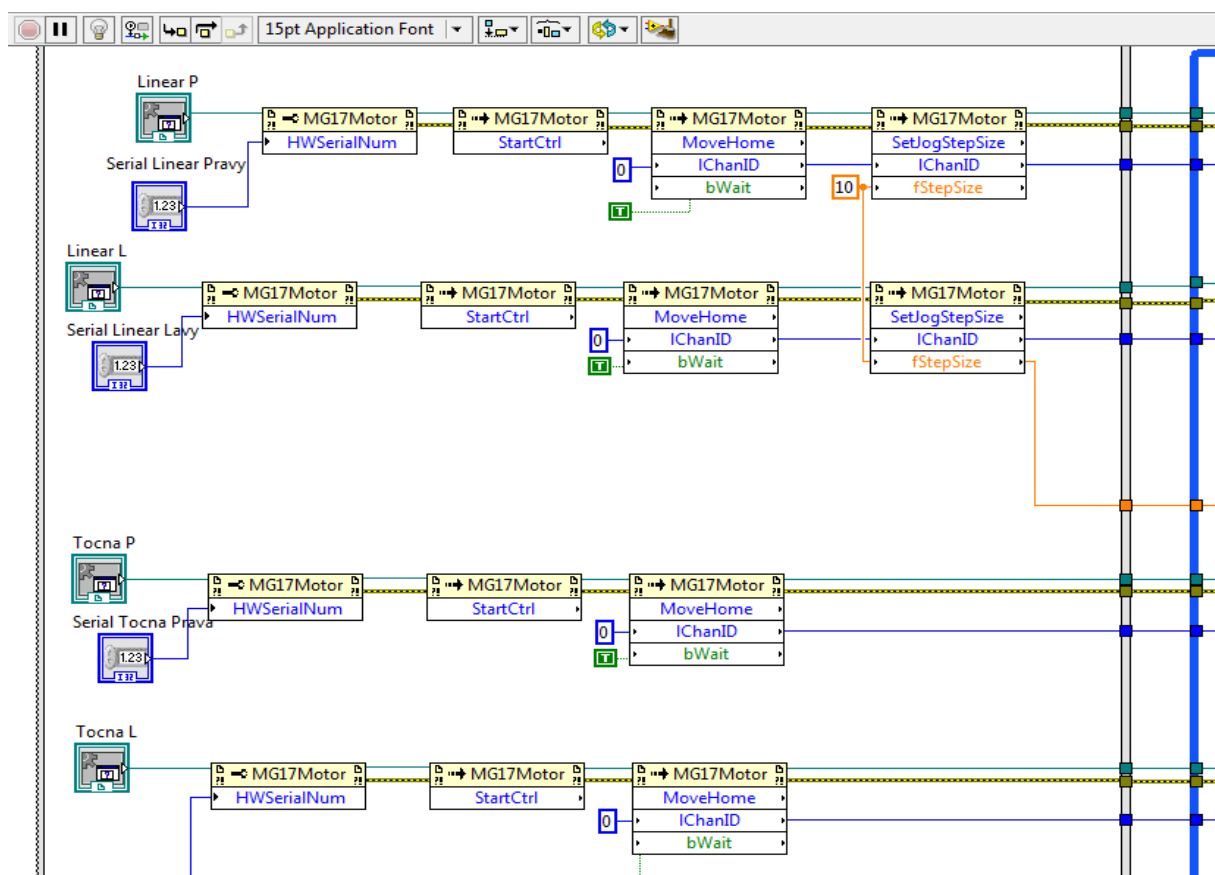
Komponenty meracej zostavy:

- tri výškovo nastaviteľné držiaky
- dva lineárne posuvy (Thorlabs - NRT150)
- dva otočné polarizátory (Thorlabs - CR1-Z7)
- dve otočné podstavy (Thorlabs - PRM1Z8)
- laser
- powermeter - PM100D
- držiak lasera
- držiak vzorky

K dispozícii som mal iba lineárne posuvy. Ostatné objednané komponenty, bohužiaľ, do odovzdania práce nedorazili, takže nebolo možné tento bod práce zrealizovať. Z tohto dôvodu bolo meranie iba virtuálne navrhnuté a odsimulované.

Ako server pre simulovanie bol použitý Thorlabs APT Config prepnutý do simulačného módu. Na simuláciu bola využitá 32-bitová verzia LabVIEW plniaca funkciu klienta, pretože len táto verzia obsahovala potrebné prvky. V tomto vývojovom prostredí som vypracoval predbežné užívateľské rozhranie. Na nasledujúcom obrázku Obrázok 9.19 je vyobrazený úsek blokového diagramu a obrázok Obrázok 9.20 ukazuje výstup z programu. Všetko je vypracované v simulačnej rovine a pre praktické použitie by boli potrebné určité doladenia ako časové tak aj výpočtové. Čas medzi posuvmi treba nastaviť až po odladení zostavy. Nastavenie lineárneho posuvu o 1 cm predstavuje približne 15 sekúnd a otočenie polarizátora o 180° s krokom 2° predstavuje približne minútu a pol. Počas tejto doby budú údaje zbierané cez powermeter PMD100D. Výsledné hodnoty budú uložené do predvoleného súboru v naformátovanom textovom reťazci.

Užívateľský manuál je obsiahnutý v prílohe. Manuál obsahuje presnejší popis princípu merania.



Obrázok 9.19: Ukážka úseku blokového diagramu programu pre meranie odrazivosti

vysledky - Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G
1	datum	cas	Vykon[W]	Uhol dopadu[°]	Uhol polarizatora pri detektore [°]		
2	5/1/2013	17:35.6	30.507812	41.423664	0.999666		
3	5/1/2013	17:43.5	29.965278	43.15239	5.999557		
4	5/1/2013	17:45.9	29.422743	45	11.999114		
5	5/1/2013	17:50.9	30.507812	46.974934	21.998375		
6	5/1/2013	17:51.9	30.507812	49.085617	23.998228		
7	5/1/2013	17:54.9	29.69401	51.340191	29.997784		
8	5/1/2013	17:57.9	29.422743	53.746162	35.997341		
9	5/1/2013	18:00.9	28.880208	56.309933	41.996899		
10	5/1/2013	18:03.9	28.608941	59.036243	47.996456		
11	5/1/2013	18:06.9	28.337674	61.927513	53.996014		
12	5/1/2013	18:09.9	28.337674	64.983109	59.995567		
13	5/1/2013	18:14.9	28.066406	68.198593	69.994827		
14	5/1/2013	18:15.9	28.337674	71.565048	71.994682		

Obrázok 9.20: Ukážka výstupu hodnôt simulácie odrazivosti

Predbežný čas merania na automatizovanej zostave bez nastavenia komponent na nulovú hodnotu je vypočítaný na približne 30 minút pri 14 uhloch dopadu. Pri rovnakom počte uhloch na manuálnej zostave predstavoval čas 20 minút. Z pohľadu odhadu je predpoklad vyššej časovej náročnosti na automatizovanej zostave, avšak táto zostava funguje takmer bez fyzickej obsluhy a počas merania nie je potrebné zasahovať do meracej zostavy. Táto automatizovaná zostava môže byť časom odladená a čas potrebný na meranie sa tým môže priblížiť až času na manuálnej zostave.

Časový predpoklad je veľmi nepresný z dôvodu nedostupnosti prvkov potrebných na skonštruovanie zostavy. Nie je možné predpokladať čas natočenia a nastavenia jednotlivých komponent, keďže simulácia nepozná rýchlosť posúvania. Taktiež nie je možné odsimulovať powermeter PMD100D, a preto je potrebné mať ho pripojený. Z tohto dôvodu sa v simulácii nenachádza a je nahradený simuláciu výkonu ako náhodných hodnôt. Ovládanie powermetra PMD100D je na priloženom CD ako samostatné VI (Virtual Instrument).

10 Záver

Cieľom bakalárskej práce bol návrh a zrealizovanie meracích zostáv. Postupným prechodom cez obsah bakalárskej práce sú načrtnuté vlastnosti a druhy luminoforov, princíp a druhy optických zdrojov, vlákien a detektorov. Mojou úlohou bolo meranie odrazivosti, odporu a priepustnosti na navrhnutých meracích zostavách. Tieto zostavy boli následne skonštruované.

Všetky merania prebiehali na vzorkách polyanilinu naneseného na laboratórnom sklíčku. Výrobný proces vzoriek je popísaný na začiatku kapitoly 9. Meraním odporu bol zistený jeho nárast v závislosti na čase. Výsledky z tohto merania nie sú celkom korektné z dôvodu znehodnocovania nanesej vrstvy polyanilinu. Pracovisko je potrebné zdokonaľiť z pohľadu uchytenia vzoriek. Druhým meraním priepustnosti sme dokázali zistiť nanesenú hrúbku vrstvy na sklíčku, čo je prospešné pre ďalšie merania a pre zdokonalenie výrobného procesu homogénnych vrstiev. Prvé dve merania prebiehali paralelne, a preto môžu byť výsledky na seba naviazané a porovnateľné. Posledné pracovisko sa nám nepodarilo zostrojiť súčasne s prvými dvoma a tak merania prebehli až s odstupom času od prvých dvoch meraní. Meranie odrazivosti bolo merané v horizontálnom aj vertikálnom natočení lasera. Jednotlivé natočenie malo opačný efekt výkonu pri zväčšovaní alebo zmenšovaní uhlu dopadu. Jedno meranie prebehlo bez napätia na vzorke druhé s napätím na vzorke 5V a 10 V. Po napojení napätia na vzorku sa predpokladalo zvýšenie výkonu alebo zmena odrazu, na základe zmeny vlastností polyanilinu, čo by mohlo byť základom pre tzv. metamateriál. Predpoklady sa nenaplnili a po napojení napätia na vzorku nastali len veľmi nepatrné zmeny. Posledné pracovisko na meranie odrazivosti sa skladalo iba z manuálnych častí, preto toto meranie bolo časovo náročné na fyzickú obsluhu meracej zostavy. Táto zostava mala byť zautomatizovaná, čo sa bohužiaľ nepodarilo z dôvodu nedodania potrebných prvkov od dodávateľa. Zautomatizovanie bolo vytvorené iba v simulačnom móde, čo bez odladenia je v praxi nepoužiteľné.

Meracie pracoviská nemajú pevne danú štruktúru a následná zmena alebo doladenie nie je žiaden problém. Polyanilin má viacero merateľných vlastností, čo môže byť predmetom ďalších skúmaní, ktoré sa môžu odvíjať od výsledkov tejto práce.

11 Použitá literatura

- [1] KUBÍČEK, Zdeněk. *Optické vláknové spoje*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství doprava a spojů, 1981, 260, s.
- [2] KOCHMÁNOVÁ A., MIŠKOFOVÁ A. Súčasnosc' a budúcnosť spracovania vyradených obrazoveik a luminoforov: časť 1[online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: http://www.censo.sk/clanky/Odpady%2010_2008.pdf
- [3] Možnosti recyklace luminofozu z obrazovek [online]. [cit. 2013-03-05]. Dostupné z: <http://odpady.ihned.cz/c1-12677230-moznosti-recyklace-luminofozu-z-obrazovek>
- [4] HAJOSSY, Rudolf zodpovedna redaktorka Mária Brodeková. *Kvantová elektronika*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1973, 430, s.
- [5] MIŠEK, Ján. *Polovodičové zdroje optického záření*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1988, 292, s.
- [6] MIHÁLKA, Pavel. *Optoelektronika*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1981, 464, s.
- [7] PÁTEK, Karel. *Luminiscence*. 1. vyd. Praha: ALFA, 1962, 101, s.
- [8] STEJSKAL J. Polyanilin:vodivý polymer [online]. [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: <http://archiv.otevrena-veda.cz/users/Image/default/C1Kurzy/NH2006pdf/16.pdf>
- [9] HAVRÁNEK M. Organické polymery jako zdroj energie [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z : http://www.aldebaran.cz/bulletin/2007_30_org.php
- [10] PFLEGER J. Polymérni nanostruktury v optoelektronice [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://archiv.otevrena-veda.cz/users/Image/default/C1Kurzy/NH2006pdf/12.pdf>
- [11] Monitor typu CRT [online]. [cit. 2013-02-15]. Dostupné z: <http://monitory.ic.cz/crt.html>
- [12] Žiarivky, žiarivkové dvojča, výbojky [online]. [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://www.spslevice.sk/soc-uceb-siz2007/Elektronicka%20ucebnica%20SIZ/Mato/Ziarivky,%20ziarivkove%20dvojca,%20vybojky.html>
- [13] LIMMANN, Otto/ PELKA, Horst. *Elektronika bez balastu*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1990, 528, s.
- [14] Zdroje optického záření a jejich vlastnosti [online]. [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: http://optics.fjfi.cvut.cz/files/pdf/ZPOP_06.pdf
- [15] DUŠEK M., MAZANEC M. Fyzikální principy optických a optovláknových snímačů [online]. [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_06_1206.pdf
- [16] Speciálne jazykové prostriedky počítačov [online]. [cit. 2013-04-10]. Dostupné z : <http://www.kirp.chnf.stuba.sk/~cirka/vyuka/matlab/kap1.php>
- [17] Matlab [online] [cit. 2013-04-10] Dostupné z: <http://www.humusoft.cz/produkty/matlab/matlab/>
- [18] LabVIEW – přes 20 let inovací [online]. [cit. 2013-04-15]. Dostupné z: http://download.ni.com/pub/branches/ee/article_archive/cz/2007/cz_2007_article_lv_over_20_years_of_innovation.pdf
- [19] LabVIEW [online] Dostupné z: http://b324.com/em/zadani/labview-ovladani-zakl_mp.pdf

-
- [20] Hardware Integration with NI LabVIEW [online]. [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://sine.ni.com/np/app/main/p/docid/nav-104/lang/cs/fmid/2049/>
- [21] Comparison of LabVIEW and MATLAB for scientific research [online]. [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2012/ANNALS-2012-3-68.pdf>
- [22] SVATUŠKA, J. Měření statických a dynamických charakteristik luminoforů. Ostrava, 2011. 47 s. Diplomová práce na fakultě elektrotechniky a informatiky Technické university Ostrava na katedře informatiky. Vedúci práce prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.
- [23] Fyzikální podstata přechodu PN [online]. [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/265-fyzikalni-podstata-prechodu-pn>
- [24] Optoelektronika [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: http://www.outech-havirov.cz/skola/files/knihovna_eltech/ea/optoelektronika.pdf
- [25] Fotodioda [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: http://www.copsu.cz/mikrop/didakticka_pomucka/elektronicke_soucastky/fotodioda.html
- [26] Thorlabs [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.thorlabs.com/tutorials/APTProgramming.cfm>
- [27] Vlákenné optické sensory – hudba budoucnosti [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fcoptel.coptkm.cz%2Fdeposit.php%3Faction%3D0%26id%3D5274&ei=w6WDUcfqL9D4sgaX4IDICQ&usg=AFQjCNE_EaEXZoc7ggITcgxte8o3fEJHlw&bvm=bv.45960087,d.Yms
- [28] Supported Hardware - National Instruments - NI-DAQmx [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/products/daq/supported/ni-daqmx.html>

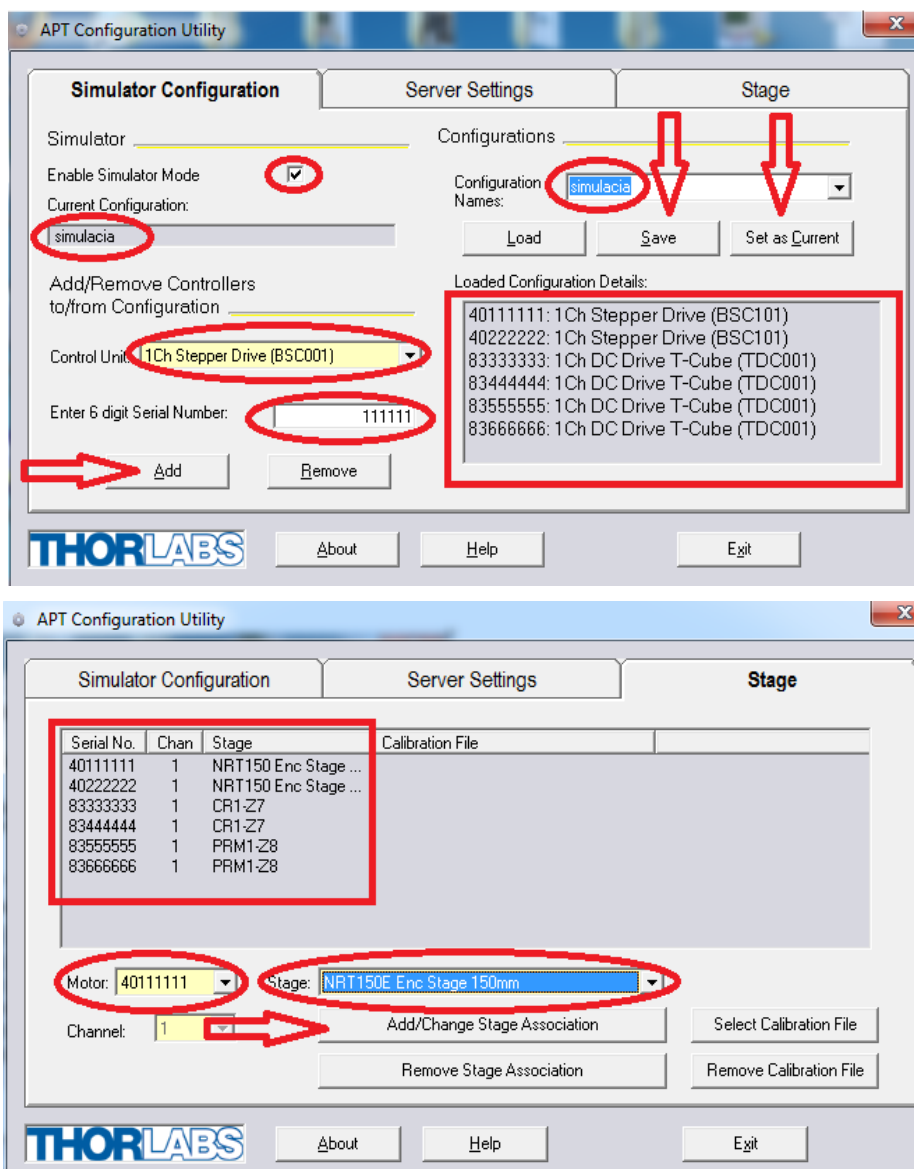
Obsah priloženého CD

Adresárová štruktúra priloženého CD:

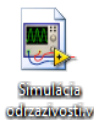
1. Text bakalárskej práce vo formáte PDF, súbor:
Bakalárska práca.pdf
2. Výsledky merania odporu, zložka:
Meranie odporu\Meranie odporu.xls
3. Výsledky merania odrazivosti, zložka:
Meranie odzrazivosti\Meranie odrazivosti.xlsx
4. Výsledky merania odrazivosti s napätím na vzorke, zložka:
Meranie odrazivosti s napätím na vzorke\Meranie odrazivosti s napätím na vzorke.xlsx
5. Výsledky merania priepustnosti, zložka:
Meranie priepustnosti
6. Simulácia zostavy na meranie odrazivosti, zložka:
Simulácia odrazivosti\Simulácia odrazivosti.vi
7. Samostatné VI spektrometra PMD100D
Simulácia odrazivosti\PMD100D\PMD100 Multi Power Meter.vi
8. Program na spracovanie dát priepustnosti, zložka:
Matlab výpočet priepustnosti\sample3caxisTransmittance.m

Príloha.A: Manuál simulácie odrazivosti.

V 1. kroku nasimulujeme používané ovládacie prvky a príslušné podstavy. Thorlabs ponúka program APT Configuration Utility, v ktorom treba povoliť simulačný mód a vytvoriť zoznam ovládačov. Po zadání typu a 6-miestneho sériového čísla môžeme ovládač pridať do zoznamu. Zoznam je potrebné uložiť pod vybraným názvom a nastaviť ho ako predvolený. V karte podstavy (Stage) vytvoríme register podstáv. Ovládače a podstavy sú obsiahnuté v zozname. Tu si treba dať pozor, aby daný ovládač podporoval priradenú podstavu. V prípade nekompatibility sa zobrazí výstraha.

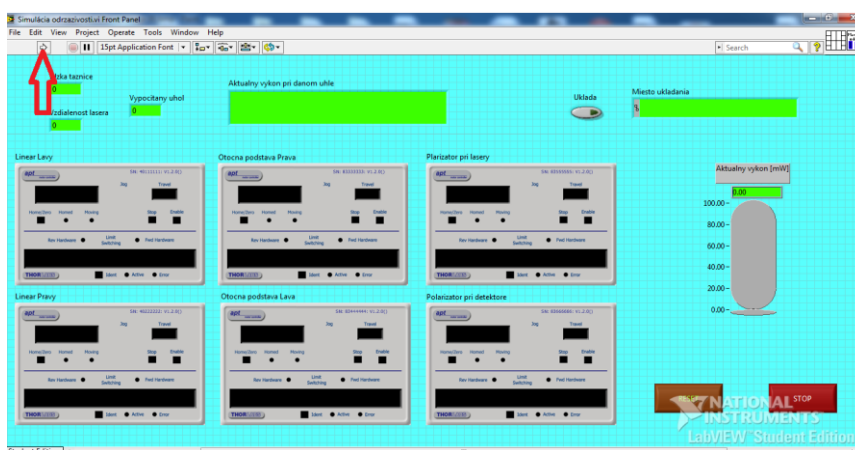


Po nasimulovaní komponent môžeme prejsť k samotnému nástroju na ovládanie. Spustenie sa vykoná

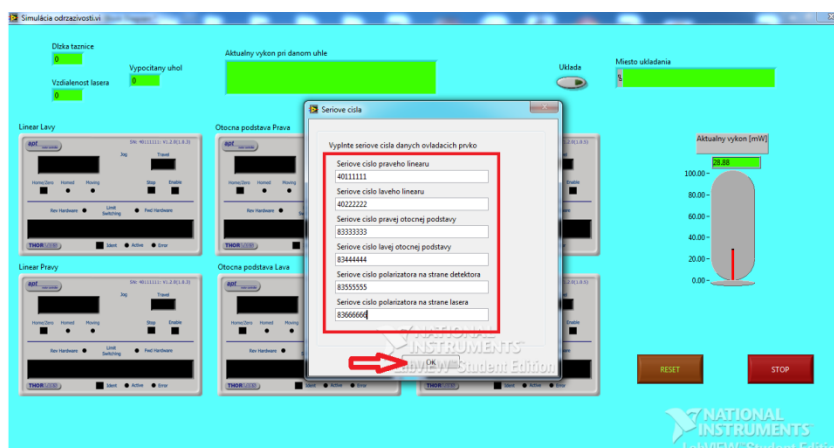


ikonou nachádzajúcou sa v priloženom CD v zložke Simulácia odrazivosti. V prvom rade treba spomenúť, že nereagovanie programu neznamená nefunkčnosť ale dočasný grafický defekt pri dlhšom presúvaní komponent. V takomto prípade treba počkať na reakciu simulácie. Meracia zostava musí byť korektne skonštruovaná. Pred začatím sa na strane detektora polarizátor nenachádza. Montáž bude vykonaná po vyzvaní programom.

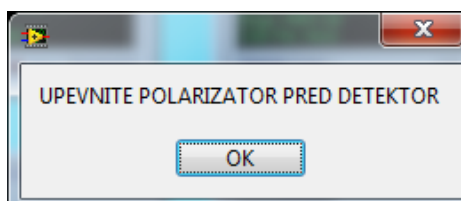
1. Stlačením tlačidla run spustíme naprogramované správanie meracej zostavy.



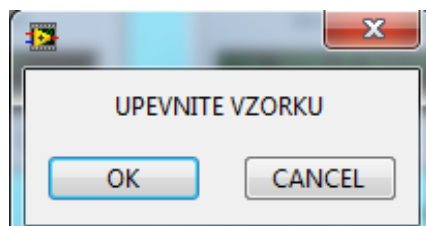
2. Program nás prevedie nastaveniami. Do vopred pripraveného formuláru zadáme sériové číslo predpísaného ovládača. Pre správne fungovanie je potrebné presné zadefinovanie čísla na bližšie špecifikované miesto. Následným potvrdením sa zostava uvedie do kalibračného módu pri ktorom sa všetky prvky skalibrujú, otočné podstavy sa natočia oproti sebe a vypočíta sa uhol polarizátora pri lasery.



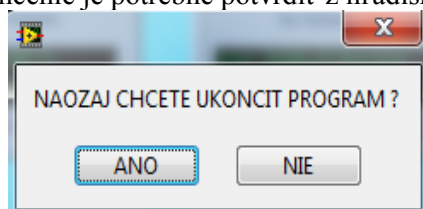
3. Následná výzva k montáži polarizátora pred detektor. Potvrdením sa nastaví vypočítaný uhol polarizátora pred laserom.



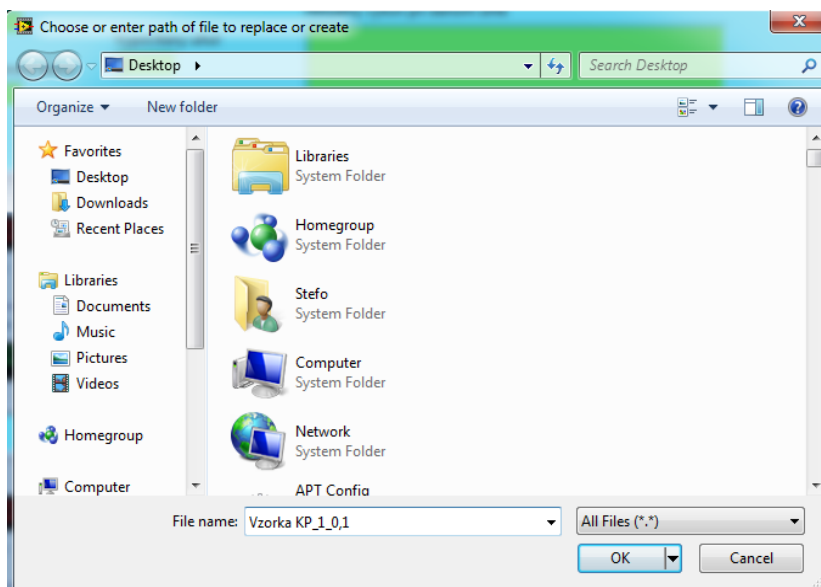
4. Program zobrazí požiadavku na upevnenie vzorky. Požiadavku je možné akceptovať alebo zrušiť a tak program ukončiť.



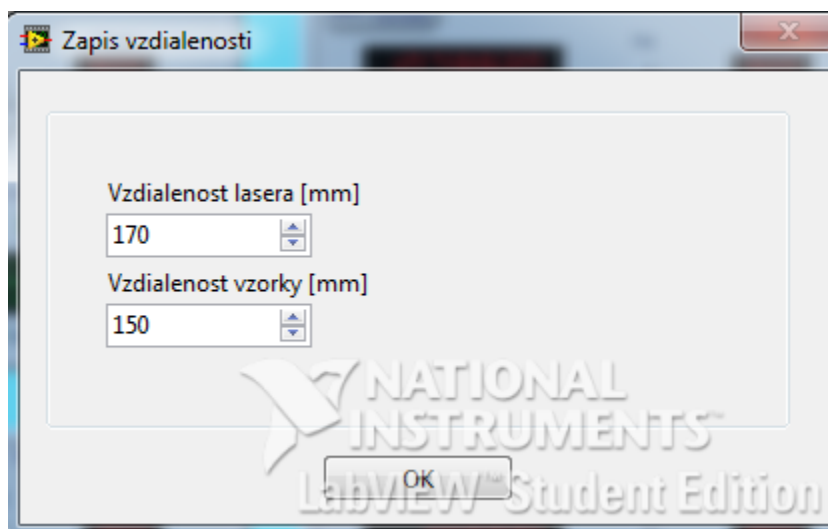
Požiadavku na ukončenie je potrebné potvrdiť z hľadiska prípadnej zmeny.



5. Po potvrdení upevnenia vzorky vyberieme miesto a názov súboru do ktorého sa budú ukladať namerané hodnoty.



6. Správny výpočet uhla je založený na vloženej vzdialenosti lasera a vzorky od stredu meracej zostavy. Zadávané hodnoty sú v mm.



7. Zvyšok je plne automatický a o všetko sa postará program a až do upevnenia ďalšej vzorky, na ktorú nás program upozorní, netreba zasahovať do meracej zostavy. Krok lineárnych posuvov je pevne nastavený na 1cm a krok polarizátorov na 2° . Pri jednom uhle dopadu je nameraných 91 hodnôt. Do vybraného súboru je zapísaná hodnota s najvyšším výkonom. Na reštartovanie programu napríklad pri chybnom meraní, zle upevnenej vzorky alebo iných treba 3s podržať tlačidlo reset a program nastaví zostavu na bod č.4 s požiadavkou na upevnenie vzorky. V samotnom priebehu merania môžeme sledovať výkon pri danom uhle, vzdialenosť vzorky, aktuálnu vzdialenosť lasera a miesto uloženia výsledkov merania. Program je možné zastaviť tlačidlom stop. Ak sú komponenty v pohybe, program sa ukončí až po jeho dokončení.

